



UNIL | Université de Lausanne

Unicentre

CH-1015 Lausanne

<http://serval.unil.ch>

---

Year : 2020

## L'empreinte photographique de l'imagerie judiciaire

Voisard Romain

Voisard Romain, 2020, L'empreinte photographique de l'imagerie judiciaire

Originally published at : Thesis, University of Lausanne

Posted at the University of Lausanne Open Archive <http://serval.unil.ch>

Document URN : urn:nbn:ch:serval-BIB\_6E256359937C1

### **Droits d'auteur**

L'Université de Lausanne attire expressément l'attention des utilisateurs sur le fait que tous les documents publiés dans l'Archive SERVAL sont protégés par le droit d'auteur, conformément à la loi fédérale sur le droit d'auteur et les droits voisins (LDA). A ce titre, il est indispensable d'obtenir le consentement préalable de l'auteur et/ou de l'éditeur avant toute utilisation d'une oeuvre ou d'une partie d'une oeuvre ne relevant pas d'une utilisation à des fins personnelles au sens de la LDA (art. 19, al. 1 lettre a). A défaut, tout contrevenant s'expose aux sanctions prévues par cette loi. Nous déclinons toute responsabilité en la matière.

### **Copyright**

The University of Lausanne expressly draws the attention of users to the fact that all documents published in the SERVAL Archive are protected by copyright in accordance with federal law on copyright and similar rights (LDA). Accordingly it is indispensable to obtain prior consent from the author and/or publisher before any use of a work or part of a work for purposes other than personal use within the meaning of LDA (art. 19, para. 1 letter a). Failure to do so will expose offenders to the sanctions laid down by this law. We accept no liability in this respect.



UNIL | Université de Lausanne

FACULTÉ DE DROIT, DES SCIENCES CRIMINELLES ET D'ADMINISTRATION PUBLIQUE

ÉCOLE DES SCIENCES CRIMINELLES

# L'empreinte photographique de l'imagerie judiciaire

---

De la sémiotique aux applications pédagogiques

THÈSE DE DOCTORAT

présentée à l'École des sciences criminelles de la

Faculté de droit, des sciences criminelles et d'administration publique

de l'Université de Lausanne

pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences en science forensique

par Romain Voisard

Directeur de thèse

Professeur Pierre Margot

LAUSANNE

2020





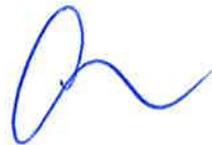
UNIL | Université de Lausanne  
Ecole des sciences criminelles  
bâtiment Batochime  
CH-1015 Lausanne

## IMPRIMATUR

A l'issue de la soutenance de thèse, le Jury autorise l'impression de la thèse de M. Romain Voisard, candidat au doctorat en science forensique, intitulée

« L'empreinte photographique de l'imagerie judiciaire : De la sémiotique aux applications pédagogiques »

Le Président du Jury



Professeur Olivier Ribaux

Lausanne, le 3 avril 2020



# Résumé

*“S’il est superflu de définir le sens du mot « photographie », il peut être utile de préciser ce qu’est la police”* (Mathyer, 1973 : 313). Ce travail de thèse propose de faire exactement l’inverse : définissons d’abord ce qu’est l’image et la photographie pour tenter d’en comprendre son usage judiciaire. Nous proposons une approche théorique globale de l’image, et plus particulièrement de l’image photographique, pour apporter un éclairage original à la compréhension spécifique de l’imagerie judiciaire : ses usages, ses pratiques, ses procédés, et ses évolutions. Nous mènerons une réflexion en trois parties, deux premières théoriques et la troisième plus pratique.

Dans la première partie, le fonctionnement sémiotique du signe photographique est décomposé et analysé en profondeur dans une perspective Peircienne du signe. Cette décomposition permet d’établir un modèle sémiotique qui clarifie l’essence et les caractéristiques de la photographie et d’en tirer certains enseignements plus larges. Ce modèle impose au moins 3 distinctions principales : la première consiste à distinguer le monde extérieur des occurrences réelles et le monde intérieur de l’expérience humaine. La photographie est un objet du monde extérieur qui crée, dans le monde intérieur d’un interprète, un signe. Ce signe entretient une relation triadique entre trois entités que Peirce a appelées, le représentamen, l’objet et l’interprétant. Une deuxième consiste à distinguer les niveaux hiérarchiques entre les trois catégories d’idées de l’expérience humaine selon Peirce. Ainsi la relation du signe à son objet peut être de l’ordre de la ressemblance qualitative de l’icône, de la contiguïté physique de l’indice, ou de la convention du symbole. La troisième consiste à distinguer la genèse de son résultat. Ainsi, la photographie tire son essence non pas de son résultat mimétique du réel, ni de l’acte volontaire qui l’a produite, mais de la nature indiciaire de son enregistrement. Au centre de la photographie : la trace. La photographie devient donc essentiellement un indice, c’est-à-dire un enregistrement automatique qui possède une relation de contiguïté physique avec son référent par un signal qui forme sur une surface sensible une image optique réelle.

Il y a tout de même une forme d’inconfort par rapport à la considération de la photographie comme trace. Nous avons montré que la genèse de la photographie ne se limite pas à son enregistrement automatique qui la caractérise comme trace. La photographie est aussi un acte communicationnel volontaire : elle existe pour signifier quelque chose à quelqu’un. C’est pourquoi, sur le même modèle hiérarchique des signes selon Peirce, nous avons proposé une nouvelle trichotomie pour distinguer trois types d’objets du monde réel. La trace est première, car son existence comme signe n’est que pure potentialité : elle ne devient signe que par invention par un interprète dans son monde intérieur. L’index est second : il existe déjà comme occurrence réelle d’un signe dans le monde extérieur. Il naît pour signifier. L’empreinte est troisième : elle existe comme signe conventionnel dans le monde extérieur et sature la détermination du référent.

Nous avons décrit les éléments essentiels en regard des trois pôles du signe triadique qui influencent l’interprétation de la photographie. Sous l’angle du pôle du représentamen, l’image photographique est un signe à trois supports informationnels différents : l’image photonique correspond à la trace et s’inscrit dans la fonction d’indice iconique du signe ; la vue analogique qui est faite par l’interprète de cette trace correspond à la fonction d’icône indiciaire du signe et la lecture conventionnelle qui est faite de cette vue analogique correspond à la fonction symbolique du signe. Au pôle objet, nous avons distingué quatre types d’objets : les mesures, les entités, les faits et les énoncés plastiques. Chaque type d’objets possède son fonctionnement sémiotique propre et certaines affinités avec des supports informationnels spécifiques. Au pôle interprétant, outre l’influence de l’interprète, nous avons pu déterminer que la considération du signe photographique s’accompagne de quatre principes constitutifs : d’individualité, d’unité, d’attestation d’existence et de désignation. Complémentairement à ces quatre principes constitutifs, le

fonctionnement sémiotique de la photographie repose sur des règles normatives contextuelles motivées par une multitude de stratégies communicationnelles. Ces stratégies agissent selon des configurations de réception particulières. Nous avons défini un modèle qui fonctionne par constellations qui relie certaines entités composant un univers sémiotique. Ce modèle de constellations nous a permis d'établir et d'illustrer un inventaire non exhaustif de vingt-six stratégies communicationnelles fréquemment utilisées dans le domaine de l'imagerie judiciaire.

Dans la deuxième partie, nous défendons la thèse que la photographie judiciaire repose sur une notion conventionnelle fondatrice essentielle, sous-jacente et transversale : l'empreinte. Les deux propriétés de signification conventionnelle et de saturation de la détermination référentielle de l'empreinte ont pour objectifs principaux de rendre celle-ci « indiscutable » et « optimisée » à son usage. Elle constitue ainsi le matériel de référence. Par une étude sur les pionniers de la photographie judiciaire, nous avons déterminé que ce statut conventionnel d'empreinte s'est construit sur la base de règles normatives contextuelles : l'optimisation descriptive du protocole ; l'objectivation descriptive du regard orthogonal ; l'exhaustivité du compte-rendu ; l'exactitude géométrique de l'image optique ; la résolution permettant l'examen des détails ; la détermination référentielle de la continuité de la preuve ; la préservation de l'éphémère, et ce qu'on a appelé la « science » de l'investigation sous ses composantes de démarche, de connaissances et de compétences requises, de rigueur, de profondeur, et de validité argumentaire. Cette convention d'empreinte établie, nous nous sommes ensuite intéressés aux fonctions de la photographie dans le processus d'enquête de détermination des *circonstances*. Nous avons montré et illustré avec des exemples que la photographie possède potentiellement les neuf mêmes fonctions principales que la trace dans la détermination de ces circonstances. Certaines images ayant des affinités particulières avec certaines fonctions. De plus, par la composante volontaire de l'index photographique, chaque *circonstance* peut être investiguée en relation avec l'ensemble référentiel ou celui de production. Ainsi, la détermination de la source, relevant principalement de la circonstance du « Qui ? », peut ainsi être traitée aussi bien par la question « qui est sur la photo ? » que par « qui a pris la photo ? ».

Enfin, nous avons distingué plusieurs types d'empreintes qui font suite à différentes phases du raisonnement du processus d'examen de l'enquête : l'empreinte du tenant-lieu qui intervient dans une phase d'extraction, l'empreinte d'instanciation qui s'inscrit dans une phase d'exploitation et l'empreinte argumentaire qui fait suite à une phase d'évaluation. Grâce à cette contextualisation dans les différents chapitres de l'enquête, nous proposons une vision d'ensemble de la diversité des activités et des problématiques associées à l'imagerie judiciaire ainsi que des compétences nécessaires pour y répondre.

Dans la dernière partie pratique centrée sur les applications pédagogiques en lien avec l'image, nous avons décrit neuf initiatives d'éducation numérique que nous avons pu contextualiser et inscrire dans nos réflexions. Par la diversité de ces initiatives, nous montrons que l'imagerie judiciaire permet de construire un contexte pédagogique particulièrement riche et fertile dans lequel celle-ci peut-être à la fois objet d'études et de recherche, ressource ou outil d'apprentissage ou même fondement théorique de référence. Particulièrement, nous avons mis en place une logique pédagogique d'annotations qui s'inscrit à la fois dans l'exploitation du compte-rendu résultant de l'empreinte du tenant lieu et dans l'examen de l'exploitation de l'information visuelle qui aboutit à l'empreinte d'instanciation. Plusieurs projets s'inscrivent dans cette logique pédagogique d'annotation qui pourrait aboutir dans des développements futurs à un écosystème d'annotations transversal et intégré au processus d'enquête.

Enfin, en guise de conclusion finale, en exploitant et nous appuyant sur la cartographie réalisée, nous proposons une vision globale de l'imagerie judiciaire dans l'éducation et la recherche universitaire en science forensique. La photographie judiciaire fonctionne, selon nous, comme un liant transversal qui participe au maintien de nombreuses spécialités dans une vision commune de la science forensique.

# Abstract

*"While it is superfluous to define the meaning of the word 'photography', it may be useful to specify what the police is" (translated from Mathyer, 1973: 313).* This thesis proposes the exact opposite: let us first define image and photography in order to attempt to understand their judicial use. We propose a global theoretical approach to photography to shed an original light on the specific understanding of forensic imagery: its uses, applications, processes, and evolution. We have conducted a reflection in three parts, the first two being theoretical and the third more practical.

In the first part, the semiotic process of the photographic sign is split and analysed in depth from Peirce's perspective of signs. This decomposition enables the foundation of a semiotic model that clarifies the essence and characteristics of photography and to broaden its perspectives and teachings. This model imposes at least three main distinctions: the first consists of distinguishing between the outer world of real occurrences and the inner world of human experience. Photography is an object from the outer world that creates a sign in the inner world of an interpreter. This sign maintains a triadic relationship between three entities designated by Peirce as the Representamen, the Object and the Interpretant. A second is to distinguish the hierarchical levels between the three categories of Peirce's ideas of human experience. Thus, the relation of the sign to its object can fall under the qualitative similarity of the icon, the physical contiguity of the index, or the convention of the symbol. The third consists of distinguishing the genesis from its result. Thus, the essence of the photographic image is not related to the mimetic result of the reality, nor of the voluntary act that produces it, but of the indexical nature of its recording. At the centre of photography: the trace. Photography essentially becomes an index: an automatic recording that has a relationship of physical contiguity with its referent through a signal that forms a real optical image on a sensitive surface.

There is, however, a form of discomfort regarding the consideration of a photograph as a trace. We have shown that the genesis of photography is not limited to its automatic recording, which characterises it as a trace. Photography is also a voluntary communication act: it exists to signify something to someone. In that respect, based on the same hierarchical model of signs according to Peirce, we have proposed a new trichotomy to distinguish three types of objects in the outer world. The trace is first, because its existence as a sign is pure potentiality: it only becomes a sign by invention by an interpreter in his inner world. The index is second: it already exists as a real occurrence of a sign in the external world. It is born to signify. The print is third: it exists as a conventional sign in the external world and saturates the determination of its referent.

We have described the essential elements regarding the three poles of the triadic sign that influence the interpretation of photography. From the angle of the pole of the representamen, Photography is a sign with three different informational layers: the photonic image corresponds to the trace and is part of the iconic index function of the sign; the analogical view that is made by an interpreter of this trace corresponds to the indexical icon function of the sign and the conventional reading that is made of this analogical view corresponds to the symbolic function of the sign. From the object's pole, we have distinguished four kinds of objects: measures, entities, event and plastic statements. Each type of object has its own semiotic process and certain affinities with specific informational layers. From the interpretant's pole, in addition to the influence of the interpreter, we have determined that the consideration of the photographic sign is accompanied by four constitutive principles: individuality, unity, attestation of existence and designation. Complementary to these four constitutive principles, the semiotic functioning of photography is based on contextual normative rules motivated by a multitude of communicative strategies. Those strategies act according to particular reception configurations. We have defined a model based on constellations that link different entities in a semiotic universe. This

constellation model has allowed to establish and illustrate a non-exhaustive inventory of twenty-six communicational strategies in common use for forensic imaging.

In the second part, we defend the thesis that forensic photography is based on an essential, underlying and transversal conventional notion: the print. The two properties of conventional meaning and saturation of the referential determination of the print have as their main objectives to make the print "indisputable" and "optimised" for its use. It constitutes the reference material. In a study of the pioneers of forensic photography we have determined that this conventional status of the print was built up on the basis of contextual normative rules: the descriptive optimisation of the protocol; the descriptive objectivation of the orthogonal view; the exhaustiveness of the report; the geometric accuracy of the optical image; the resolution allowing the examination of details; the referential determination of the continuity of the evidence; the preservation of the ephemeral, and what has been called the "science" of investigation under its components of approach, knowledge and skills required, rigour, depth, and argumentative validity. Having established this convention of print, we then turned our attention to the functions of photography in the investigative process of determining the circumstances. We showed and illustrated with examples that the photograph potentially has the same nine main functions as traces in determining these circumstances. Some images have particular affinities with certain purposes. Moreover, through the voluntary component of the photographic index, each circumstance can be investigated in relation to the referential or production set. Thus, the determination of the source, which is mainly a matter of the circumstance of the "Who", can be dealt with both by the question "who is in the photo" and "who took the photo".

Finally, we have distinguished several types of prints that follow different phases of reasoning in the investigation process: the replication print that results from an extraction phase, the instantiation print that arise out of an exploitation phase and the argumentative print that follows an evaluation phase. Thanks to this contextualisation in the different chapters of the investigation, we propose an overall vision of the diversity of activities and problems associated with forensic imaging as well as the skills required.

In the final practical part, which focuses on image-related educational applications, we described nine digital education initiatives that allowed to contextualise and incorporate into our reflections. Through the diversity of these initiatives, we showed that forensic imagery enables a particularly rich and fertile pedagogical context where images can be objects of study and research, resources or learning tools or even of fundamental knowledge. In particular, we have set up a pedagogical logic of annotations which merges the exploitation of the replication print with the examination of visual information which leads to the instantiation print. Several projects are part of this pedagogical annotation logic which could lead, in future developments, to a transversal annotation ecosystem integrated into the investigation process.

Finally, as conclusion, by exploiting the map of forensic imagery that we built, we proposed a global vision of forensic imaging in academic education and research in forensic science. Forensic photography operates, in our opinion, as a transversal binder, which contributes keeping many specialties in a common vision of forensic science.





# Table des matières

<b>Préambule</b> .....	<b>V</b>
<b>Partie I : Le signe photographique</b> .....	<b>1</b>
<b>1 L'image et la photographie</b> .....	<b>5</b>
1.1 Notions d'image.....	5
1.1.1 Mentale ou sensorielle .....	5
1.1.2 Image optique ou instrumentale .....	6
1.1.3 Média, technique ou représentation .....	9
1.1.4 L'image scientifique ou artistique.....	12
1.1.5 Image fixe ou animée.....	13
1.1.6 Image-eidolon ou image-eikon .....	14
1.1.7 Image de soi, d'un phénomène ou sociale .....	14
1.2 L'image comme signe analogique.....	15
1.2.1 Introduction à la sémiotique de Peirce.....	16
1.2.2 Premières remarques sur l'application de la sémiotique à l'image .....	21
1.3 La photographie et le réel.....	25
1.3.1 La photographie comme miroir du réel .....	25
1.3.2 La photographie comme transformation du réel (du code et de déconstruction).....	26
1.3.3 La photographie comme trace d'un réel .....	26
<b>2 Le principe de base de la photographie et ses limites</b> .....	<b>27</b>
2.1 Le dispositif photographique .....	27
2.1.1 La trace photographique.....	28
2.1.2 L'opérateur et la mise en scène .....	33
2.1.3 L'enregistrement photographique.....	33
2.1.4 Image photonique et vue analogique .....	45
<b>3 Trace, indice et index</b> .....	<b>55</b>
3.1 La relation de la trace et de l'indice .....	55
3.2 L'image photonique est-elle une trace ? .....	56
3.3 La trichotomie de la trace .....	58
3.3.1 La trace .....	59
3.3.2 L'index.....	59
3.3.3 L'empreinte.....	60
<b>4 Le « paradigme indiciaire »</b> .....	<b>61</b>
4.1 L'image comme système dynamique de traces et de signes .....	63
4.2 La discrétisation de la vue analogique .....	65
<b>5 Le signe photographique</b> .....	<b>66</b>
5.1 Les trois pôles du signe photographique .....	67
5.1.1 Le pôle du representamen.....	67
5.1.2 Le pôle objet .....	67
5.1.3 Le pôle de l'interprétant .....	73
5.2 Les signes complémentaires du signe photographique .....	82
5.2.1 Les métadonnées.....	82
5.2.2 Les éléments verbaux contextuels.....	84
5.2.3 Les annotations visuelles .....	84
5.2.4 L'effet téléphone arabe des signes complémentaires .....	85
5.3 L'objectivité photographique .....	87
5.3.1 L'objectivité de la trace.....	88
5.3.2 L'objectivation de l'index ou du message émis .....	88
5.3.3 L'objectivation réceptive des instances photographiques.....	88
5.4 Les stratégies communicationnelles.....	91

5.4.1	Le sens du processus circulatoire .....	91
5.4.2	Les constellations des stratégies communicationnelles .....	91
<b>6</b>	<b>Récapitulatif et remarques conclusives sur le signe photographique.....</b>	<b>127</b>
<b>Partie II : L'imagerie judiciaire .....</b>		<b>131</b>
<b>7</b>	<b>La construction de l'empreinte et ses limites .....</b>	<b>135</b>
7.1	Le protocole descriptif de la photographie signalétique .....	136
7.2	Le raisonnement de l'examen indiciaire .....	138
7.3	L'objectivité du compte-rendu de la fixation des lieux.....	141
7.4	L'exactitude géométrique de la reconstruction topographique.....	143
7.5	Le regard orthogonal du point de vue .....	144
7.6	La détermination référentielle des traces et des pièces à conviction .....	145
7.7	La préservation mémorielle de l'éphémère .....	147
7.8	L'investigation <i>scientifique</i> de la photographie (de l'invisible).....	148
7.8.1	La logique de la méthode scientifique de l'investigation.....	150
7.8.2	Les savoirs <i>a priori</i> comme moteur de l'investigation .....	154
7.8.3	La plastique du savoir-faire technique.....	155
7.8.4	La désignation du détail révélateur .....	156
7.8.5	La validation de l'examen ou de la méthode d'investigation .....	157
7.8.6	La force de persuasion de l'argument criminalistique.....	163
7.9	L'empreinte d'exploitation de l'index photographique .....	173
<b>8</b>	<b>Les dimensions circonstancielles de la photographie judiciaire .....</b>	<b>174</b>
8.1	Les deux pôles principaux de l'index photographique .....	175
8.2	Les affinités des types d'objets du signe photographique.....	176
8.3	Les fonctions élémentaires des traces dans la détermination des circonstances .....	177
8.3.1	(a) Déterminer la source .....	177
8.3.2	(b) Détecter des répétitions qui lient des affaires .....	181
8.3.3	(c) Identifier la nature d'une entité ou d'un fait et le profil de la source .....	181
8.3.4	(d) Recomposer des entités de source commune ou restaurer des caractéristiques perdues.....	182
8.3.5	(e) Trouver des relations entre les personnes, les objets et les faits.....	183
8.3.6	(f) Désigner des lieux et des périodes d'intérêt .....	183
8.3.7	(g) Reconstruire la structure spatiale et temporelle des événements .....	183
8.3.8	(h) Renseigner sur divers aspects de l'activité d'intérêt .....	184
8.3.9	(i) Vérifier la conformité ou l'authenticité .....	184
<b>9</b>	<b>Cartographie de la diversité de la photographie judiciaire actuelle .....</b>	<b>184</b>
9.1	Les éléments structurants de la carte.....	185
9.1.1	Les empreintes et index.....	185
9.1.2	Les différentes familles d'examens.....	186
9.2	Les changements principaux induits par la photographie numérique .....	187
9.3	Revue des différents centres d'intérêt liés à l'imagerie judiciaire.....	190
9.3.1	Sur le plan de l'empreinte du tenant-lieu.....	190
9.3.2	Sur le plan de l'index photographique.....	197
9.3.3	Sur le plan des examens d'investigation photographique de l'empreinte d'instanciation primaire .....	201
9.3.4	Sur le plan des examens d'exploitation de l'empreinte d'instanciation secondaire .....	203
9.3.5	Sur le plan des examens forensiques de l'empreinte d'instanciation secondaire dégénérée.....	207
9.3.6	Sur le plan des empreintes argumentaires .....	210
<b>10</b>	<b>Récapitulatif et remarques conclusives sur l'imagerie judiciaire .....</b>	<b>212</b>
<b>Partie III : L'ingénierie pédagogique de l'imagerie judiciaire, une approche par projets ...</b>		<b>215</b>
<b>11</b>	<b>Le contexte pédagogique.....</b>	<b>217</b>
11.1	Le changement de paradigme pédagogique : de la transmission à la facilitation .....	217
11.2	Les grands courants psychologiques de l'apprentissage .....	219
11.3	La pédagogie numérique .....	220
11.4	Le rôle d'ingénieur pédagogique .....	221
11.5	La taxonomie des compétences des objectifs d'apprentissage.....	221
11.6	Les moments clés d'une activité pédagogique .....	223

11.7	La logique pédagogique de l'annotation d'image.....	224
11.7.1	Les scénarios pédagogiques génériques de l'annotation.....	225
<b>12</b>	<b>Les projets.....</b>	<b>226</b>
12.1	Remarques préliminaires.....	226
12.1.1	Les secteurs d'intervention des projets.....	227
12.1.2	L'imagerie judiciaire comme objet d'apprentissage ou comme ressource.....	227
12.1.3	Contextualisation des projets dans la cartographie de l'imagerie judiciaire.....	228
12.2	L'établissement de l'empreinte primaire du tenant-lieu ou d'instanciation.....	229
12.2.1	Nicephor[e].....	230
12.2.2	La microscopie interactive.....	235
12.3	L'exploitation du compte-rendu.....	237
12.3.1	CrimeSim.....	238
12.3.2	SimInFo.....	242
12.3.3	ICaRe.....	244
12.4	Examen d'exploitation de l'information visuelle de l'empreinte d'instanciation secondaire.....	247
12.4.1	PiAnoS.....	248
12.4.2	CIMAF.....	252
12.4.3	ANOT.....	256
12.5	Empreinte argumentaire.....	259
12.5.1	Le projet éICAR.....	259
<b>13</b>	<b>Remarques conclusives.....</b>	<b>262</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>265</b>
	<b>Vers une vision de l'imagerie judiciaire dans l'éducation en science forensique.....</b>	<b>267</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>269</b>



# Préambule

---

Ce travail présente une réflexion approfondie sur la photographie et plus particulièrement sur l'imagerie judiciaire. Sa structure en trois parties, deux premières théoriques et une troisième plus pratique orientée sur des aspects éducatifs permet de s'appuyer sur une reconstruction générale du fonctionnement sémiotique de la photographie pour déterminer les fondements essentiels et particuliers de l'imagerie judiciaire pour finir sur les applications pédagogiques concrètes ou potentielles qui en découlent. Nous attirons l'attention du lecteur que cette structure progressive de reconstruction ne reflète pourtant pas le déroulement effectif de ce travail. C'est bien la multiplication des applications pédagogiques dans le contexte de l'enseignement de la science forensique qui ont amorcé l'ensemble des réflexions sur la photographie et sur l'imagerie judiciaire. Riche d'une expérience de plusieurs années dans l'élaboration et la conception de dispositifs numériques d'éducation dans le domaine forensique qui ont abouti à de nombreux projets détaillés ici, il nous est apparu qu'il manquait un ancrage et une compréhension fondamentale sur l'image et la photographie, qu'elles soient judiciaires ou non, auxquels accrocher l'ensemble de ces initiatives. Je suis convaincu que ces réflexions permettent de répondre désormais, au moins en partie, à ce manque en amenant, d'une part, les bases indispensables d'une éducation à l'image adéquate et, d'autre part, une vision globale de la diversité de l'imagerie judiciaire dans le processus d'enquête.



Partie I :

Le signe photographique

---



*“Ce n’est pas ici le lieu de discuter si la photographie est un art ou une science, il y a des personnes qui le nient pour les deux cas et qui la déclarent une simple manipulation mécanique, ce qui est faux, par parenthèse ; mais ce qu’on peut affirmer, et cela sans crainte d’être confondu, c’est qu’elle est devenue la mémoire artificielle de l’humanité et l’enregistreur automatique et impartial des événements. Ce sont ces deux facultés qui intéressent tout spécialement le criminaliste” (Reiss, 1903a: 1).*

Cette citation de Reiss dans l’introduction de son livre « La Photographie judiciaire » peut être considérée comme le véritable point de départ de nos réflexions sur la photographie et ses applications dans le domaine de la criminalistique. Reiss y annonce péremptoirement deux facultés principales de la photographie pour le criminaliste : mémoire artificielle et enregistreur automatique. Ce qui surprend en premier lieu dans cette citation, c’est une absence fondamentale : la similitude de la photographie au réel ou du moins la relation complexe entre les deux n’est pas explicitement mentionnée. Nous pouvons supposer que cette notion est induite aussi bien par l’enregistrement *automatique et impartial* de l’image, à savoir sans l’intervention de l’homme, par les lois de l’optique au travers de l’objectif photographique que par la faculté de *mémoire artificielle*. Cependant, c’est bien le procédé, l’automatisme de la construction de l’image, qui est mis en avant par Reiss. Dans cette optique, il anticiperait André Bazin qui écrivait un demi-siècle plus tard : *“Si habile que fût le peintre, son œuvre était toujours hypothéquée par une subjectivité inévitable. Un doute subsistait sur l’image à cause de la présence de l’homme. Aussi bien le phénomène essentiel dans le passage de la peinture baroque à la photographie ne réside-t-il pas dans le simple perfectionnement matériel [...], mais dans un fait psychologique : la satisfaction complète de notre appétit d’illusion par une reproduction mécanique dont l’homme est exclu. La solution n’était pas dans le résultat, mais dans la genèse”* (Bazin, 1958: 12). Les deux auteurs semblent s’accorder sur le fait que le résultat – que l’image ressemble au réel – importe essentiellement moins que la manière dont est créée cette dernière, à savoir automatiquement, sans l’intervention de l’homme.

A contrario, la faculté de mémoire artificielle considérée par Reiss porte quant à elle plutôt sur le résultat. Il est ici aussi sous-entendu qu’il s’agit bien de sa faculté à reproduire le réel qui permet à la photographie d’être la mémoire artificielle de l’humain. Néanmoins, au-delà de la capacité mimétique permise par son mode d’enregistrement automatique et impartial, *son mode de reproduction du réel* (Champod, Girardin, et al., 2009: 251), il est également question de sa relation avec le temps, l’instantané qui représente un *état de fait* du passé. La photographie rend accessible un état d’un présent appartenant au passé pour vérification et examens ultérieurs.

Il est intéressant aussi de remarquer l’ordre dans lequel Reiss présente ces deux facultés. Dans un autre extrait du même ouvrage, il semble prendre un ordre plus logique du point de vue séquentiel : *“Elle sera un document indiscutable pris automatiquement, et reproduisant fidèlement les faits. [...] La photographie constituera [...] une sorte de mémoire artificielle du magistrat instructeur”* (Reiss, 1903a: 33). En premier, la genèse automatique qui permet une reproduction fidèle, comme condition nécessaire et préalable à la faculté de mémoire qui en découle. En permutant l’ordre, Reiss semble mettre ces deux facultés sur un pied d’égalité autour de la fidélité de la reproduction du réel : le résultat fidèle comme mémoire et le procédé automatique comme garantie de fidélité au résultat.

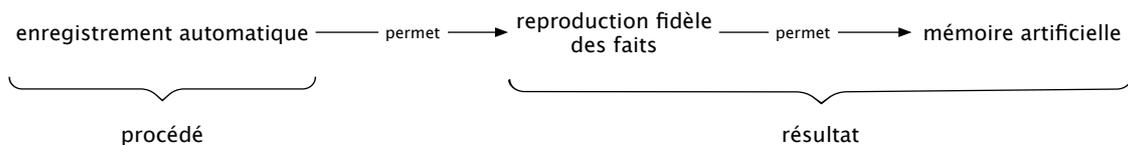


Figure 1 : Le fonctionnement schématique présumé des deux facultés qui intéressent le criminaliste selon Reiss.

On perçoit après la brève analyse introductive de ce passage, que celui-ci incite à la réflexion sur l'essence même de la photographie (judiciaire), étude ontologique, sémiotique et épistémologique quant à sa relation avec le réel et à sa fonction communicationnelle.

*“S’il est superflu de définir le sens du mot « photographie », il peut être utile de préciser ce qu’est la police”* (Mathyer, 1973: 313) déclarait le professeur Mathyer en guise d’introduction d’un de ses articles. Ce travail propose de faire exactement l’inverse. Définissons d’abord ce qu’est l’image et la photographie pour tenter d’en comprendre son usage judiciaire.

Nous mettrons donc en place une approche théorique globale de l’image, et plus particulièrement de l’image photographique, pour apporter un éclairage original à la compréhension spécifique de l’imagerie judiciaire : ses usages, ses pratiques, ses procédés, et ses évolutions.

Nous mènerons une réflexion en trois temps autour de trois hypothèses successives :

- (I) La photographie, au même titre que la trace, est un signe pour un interprète qui suit certaines règles de fonctionnement qui lui sont propres.
- (II) L’utilisation judiciaire de la photographie est multiple et repose sur des codes spécifiques qui l’établissent comme imagerie particulière.
- (III) L’imagerie judiciaire possède un potentiel remarquable et transversal d’applications dans l’enseignement et la recherche en science forensique aussi bien comme sujet d’étude théorique, comme contenu de formation que comme moyen d’apprentissage.

Ainsi, dans un premier temps nous traiterons de la photographie. Les questions de recherche se concentrent sur la détermination de ce qu’est la photographie ? Quel est son rapport au réel ? Quelles sont les modalités de son fonctionnement comme signe pour un interprète ? Est-elle une trace ? Et si oui, est-ce une trace particulière ou fonctionne-t-elle comme tout autre trace ? Nous tenterons, à partir des propriétés et des caractéristiques de la photographie, d’établir un modèle d’analyse des mécanismes interprétatifs de ce que nous avons appelé le signe photographique.

Dans un deuxième temps, nous nous concentrerons plus particulièrement sur la photographie judiciaire. De cet éclairage théorique général sur la photographie, nous chercherons à en faire ressortir les éléments les plus pertinents pour nous guider dans une reconstruction des fondements de cette imagerie particulière.

Nous nous efforcerons de faire le rapprochement entre l’histoire de la mise en place de la photographie judiciaire, le développement de ses usages jusqu’à nos jours et les fondements théoriques de la photographie, sa relation complexe avec le réel, le temps et sa signification. Les questions principales auxquelles nous voulons répondre peuvent se formuler de la manière suivante : qu’est-ce que l’imagerie judiciaire ? Quels en sont ses fondements et ses usages ? Quelles sont les préoccupations actuelles qui y sont liées et dans quels contextes celles-ci s’inscrivent-elles ?

Enfin, dans un troisième temps, grâce à la reconstruction de l’imagerie judiciaire menée précédemment, nous définirons certaines pistes d’activités pédagogiques par une approche centrée sur des projets d’enseignements numériques liés à l’imagerie judiciaire menés à l’Ecole des sciences criminelles. Ces projets, contextualisés aussi bien sur le plan de l’imagerie judiciaire que de la pédagogie numérique, permettront de se représenter par des applications pratiques la diversité et le potentiel des usages de l’imagerie judiciaire dans l’enseignement ou la recherche en science forensique.

# 1 L'image et la photographie

L'objectif de ce chapitre est de dessiner les principales propriétés des images en général et, plus particulièrement, de la photographie. A ce stade, nous considérons *a priori* que la photographie est par essence différente des autres types d'images. Cette considération de la nature particulière de l'image photographique implique que celle-ci influence intrinsèquement sa lecture et son analyse par l'observateur. Nous tenterons de confirmer ou d'infirmer ces considérations en étudiant ce qui caractérise les images : quelles sont les éventuelles spécificités essentielles que possède la photographie qui en fait un type d'image particulièrement différent des autres et quels rapports peuvent entretenir ce type d'images avec le réel et par quels mécanismes.

Depuis la présentation par Arago le 7 janvier 1839 à l'Académie des sciences du procédé photographique jusqu'à l'ère numérique actuelle, nombreux auteurs d'horizons très différents comme des philosophes, historiens, scientifiques, sémioticiens (Peirce (Peirce et Deledalle, 1978), Barthes (1980), Eco (1992), Metz (1970), le Groupe  $\mu$  (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992), Van Lier (1983), Dubois (1983), Schaeffer (1987), Brunet (2012), etc.) ou des critiques d'art et artistes (Krauss (1990), Sontag (1977), Benjamin (1974), Bazin (1958), etc.) ont apporté différents éclairages théoriques parfois contradictoires sur l'image photographique. Tout l'éventail de ces théories et approches souligne le caractère protéiforme et complexe du statut d'image et de photographie qui va bien au-delà de la simple distinction entre *art* ou *science*.

L'ambition ici n'est pas d'être exhaustif sur les définitions et les outils théoriques de l'image dans toute sa complexité, mais plutôt d'adopter une approche théorique relativement pragmatique qui permette une analyse cohérente et adéquate pour nous guider dans notre volonté de reconstruction de l'image judiciaire.

## 1.1 Notions d'image

Avant de s'intéresser plus particulièrement à la photographie, les significations que peut avoir le terme *image* doivent être délimitées pour mieux en cerner les contours. Dans le langage courant ou dans différents contextes, le mot image est utilisé pour désigner une grande diversité de concepts ou d'objets qui n'est pas sans provoquer parfois certains amalgames, tensions ou confusions. Nous aborderons cette diversité sous la forme d'un bref inventaire, non exhaustif, de dualités, parfois paradoxales, que l'on peut associer à l'image (Achard, 2017; Joly, 2005: 24-26, 2014: 11-22; *Wikipédia*, 2017a).

### 1.1.1 Mentale ou sensorielle

“*L'homme habite deux mondes : le monde intérieur et le monde extérieur*” (Peirce et Deledalle, 1978: 129), ces deux mondes étant en constante interaction. *L'image sensorielle*, comme nous l'entendons dans ce travail, dépend directement de la faculté sensorielle de l'humain à percevoir un signal du monde extérieur de manière continue et instantanée. Cette perception ne fonctionne strictement qu'en présence de l'objet du monde extérieur (Piaget, 1966: 22). Même si cette perception peut se rapporter à tout type de signal (sonore, olfactif, gustatif, tactile, visuel) nous la considérerons, dans le cadre de ce travail, uniquement sous sa forme visuelle. *L'image* « mentale », qui trouve son origine dans le monde intérieur, est une activité psychique de représentation perçue, mémorisée, rêvée, hallucinée ou imaginée d'un objet, d'un lieu, d'un concept, d'une analyse, d'une idée ou d'une situation (*Wikipédia*, 2017b). L'activité psychique peut se réaliser en l'absence de son référent réel. Elle n'est donc pas nécessairement initiée par un « signal » provenant du monde extérieur et se rattache certainement en partie au vécu individuel.

L'image sensorielle de la lecture d'une description de paysage permet d'élaborer, par une activité purement psychique, une « vision » du paysage en question ; au même titre « l'image sensorielle » de l'odeur de madeleines peut provoquer une visualisation quasi hallucinatoire, mémorisée ou idéalisée d'une madeleine. Il est important de remarquer ici, que même si l'image mentale n'est pas directement élaborée à partir et en présence d'un signal du monde extérieur, elle induit une double impression de *vision* et de ressemblance de l'objet (Joly, 2014: 16). Nous *voyons* une madeleine idéalisée qui ressemble à une madeleine du monde extérieur. L'image sensorielle et l'image mentale, associées selon Piaget à l'imitation, par leur rapport avec les caractères figuratifs du monde extérieur, forment un ensemble cognitif complexe qu'il nomme *l'aspect figuratif* de la connaissance (Piaget 1966, 22–23).

En ce sens figurative, l'image mentale est à différencier notamment d'un autre processus cognitif : le schéma mental, qui se rapporte plus aux *aspects opératifs* de la connaissance. En effet, le schéma mental ne consiste plus en une élaboration d'un simili figuratif d'un objet, mais en un modèle opératoire abstrait de traitement, d'analyse, de structuration et de synthèse de l'information (Joly 2014, 16; Piaget 1966, 22–23).

Même s'ils se mettent en place au fur et à mesure du développement lors de l'enfance, il faut imaginer ces différents types de processus cognitifs complexes non pas indépendants les uns des autres, mais totalement interconnectés.

### 1.1.2 Image optique ou instrumentale

L'image sensorielle visuelle telle que définie ci-dessus offre une observation directe des rayons lumineux visibles provenant d'un objet réel au travers du système optique formé par l'œil et correspond au traitement de la sensation de cette lumière sur notre rétine. Pour qu'il y ait perception d'une image, il est nécessaire d'avoir au moins la présence d'un objet (émetteur primaire ou secondaire de lumière visible), un système optique (l'œil) pour focaliser cette lumière, c'est-à-dire former une image réelle, sur un écran sensible (la rétine) et convertir ce signal en une perception visuelle. Ainsi, une image réelle d'un objet réel se forme sur la rétine. Cette image a notamment la particularité d'être inversée et d'être très petite.

Par simplification, nous considérerons dans ce chapitre l'observation comme la perception de l'image réelle formée sur notre rétine et qui correspond à l'image sensorielle.

Nous définissons comme *optiques* toutes les images qui sont produites par le cheminement des rayons lumineux émanant d'un objet et qui nécessitent strictement sa présence. Ces images optiques peuvent être formées selon six scénarios fondamentaux permettant de voir plus ou moins directement l'objet. Leur point commun est la nécessité contraignante de la présence de l'objet réel.

1. La perception directe d'une source lumineuse primaire réelle qui émet de la lumière et qui correspond à l'objet réel.
2. La perception directe d'un objet réel qui réfléchit et diffuse et qui fonctionne comme source lumineuse secondaire, c'est-à-dire que cet objet ne produit pas lui-même de lumière. Cette configuration nécessite donc un apport externe de lumière provenant d'une ou plusieurs sources primaires. Dans ce cas de figure, nous percevons à nouveau l'objet réel, mais par un éclairage en réflexion sur la surface de cet objet. Nous percevons dans ce type d'image les détails de formes et de surfaces extérieures de l'objet réel.
3. La perception directe d'un objet plus ou moins transparent qui réfracte la lumière provenant d'une source primaire qui est placée derrière l'objet. L'éclairage est cette fois en transmission.

Nous percevons toujours l'objet réel, mais cette fois non plus les surfaces et la forme, mais la silhouette ou la structure interne de l'objet réel.

Ces trois premiers scénarios permettent une perception directe soit de la source primaire de lumière soit de l'objet qui fait office de source secondaire. Ils mettent en avant aussi deux possibilités de perception, l'une en réflexion l'autre en transmission. Pour les scénarios suivants, par souci de simplification, il faut considérer l'objet soit comme source primaire soit comme source secondaire et que l'éclairage, lorsqu'il n'est pas précisé, peut aussi bien être en transmission qu'en réflexion.

4. La perception de la projection de la lumière réfléchiée par la surface d'un objet sur une surface. Cette situation se distingue de la précédente par le fait qu'une image intermédiaire d'un objet réel se matérialise sur une surface (opaque ou transparente): cette image existe sur l'écran que l'œil d'un observateur soit présent ou non. En fonction des qualités réfléchissantes de la surface de l'objet, l'image formée sur l'écran sera très diffuse et peu définie. Pour qu'une image bien définie d'un objet se forme dans un tel scénario, il est nécessaire de mettre en place un dispositif où la lumière ne passe que par un seul petit orifice. Il correspond au principe de la *camera obscura* qui fonctionne avec ou sans lentille. L'image réelle formée sur l'écran fonctionne comme précédemment, mais elle a la particularité d'être inversée et renversée par rapport à l'objet réel.
5. La perception de la projection de la lumière transmise ou des ombres portées d'une source primaire ou d'un objet réel d'une certaine opacité sur une surface. Cette observation n'offre qu'une vue indirecte d'un objet et ne donne qu'une information partielle de l'objet, sa silhouette ou des différences d'opacité de sa structure interne. Cette perception, qui correspond à celle de l'allégorie de la caverne de Platon, porte non plus sur une construction optique par déviations des rayons lumineux provenant directement de l'objet, mais sur les rayons réfléchis de l'image réelle formée sur une surface. Elle dépend de ses propriétés propres, de celles de son support et simultanément de celle de l'objet réel projetant ses ombres ou sa lumière.
6. La perception directe d'un objet réel tel que défini dans les trois situations qui précèdent, mais par l'intermédiaire d'un dispositif (optique) supplémentaire simple ou complexe (un miroir, une loupe, un microscope, etc.) qui se place entre l'objet et l'observateur. Dans ce cas de figure, nous ne percevons plus l'objet réel proprement dit, mais une image virtuelle de cet objet construite optiquement qui nécessite la présence de l'objet réel. L'objet réel n'est pas positionné au même endroit où nous voyons son image virtuelle, ses dimensions ne correspondent pas forcément et son image peut être inversée et renversée en fonction du dispositif optique utilisé.

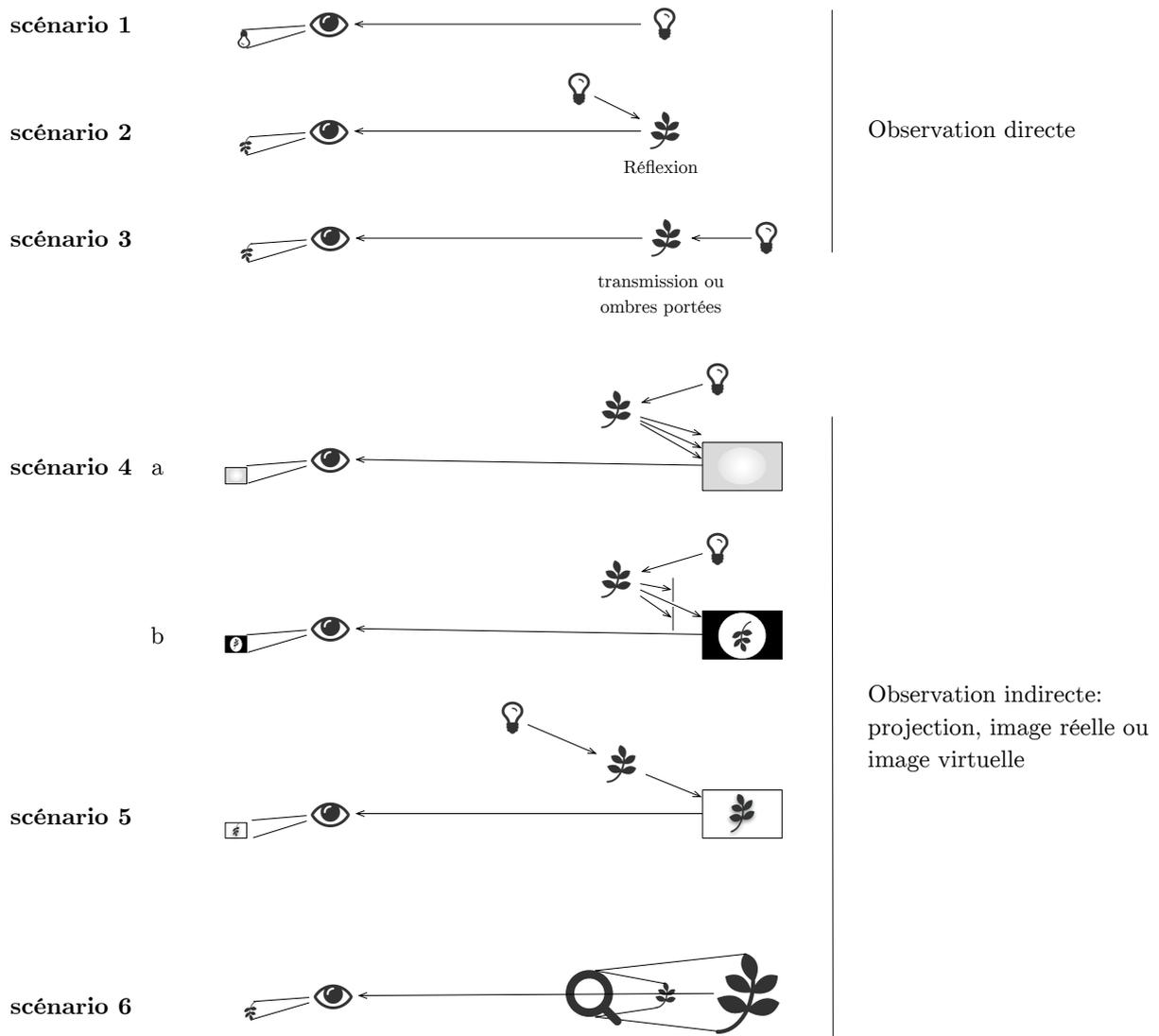


Figure 2 : Les six scénarios de base décrits de formation d'images optiques.

Objet réel, image réelle ou image virtuelle ; projection de lumière ou au contraire d'ombres ; par réflexion des surfaces ou par transmission au travers de la structure interne ; ce petit inventaire de six scénarios de base met déjà en exergue une grande diversité dans la formation même des *images optiques*. Il est bien clair que ces scénarios peuvent encore se complexifier en ajoutant à volonté des éléments optiques intermédiaires, mais à notre sens, tous les scénarios peuvent être décomposés en ces six briques fondamentales décrites. Nous l'avons vu, le mode de formation de ces images a un impact sur la perception de l'objet : le type de détails observables, son tirage, son orientation, son inversion, etc. Le point commun de toute image optique réside dans le fait qu'elle entretient une relation optique avec l'objet réel qui nécessite strictement la présence simultanée de l'objet et de l'observateur.

Cependant, dans le langage courant, le terme d'image n'est pas seulement associé aux *images optiques* que nous venons de définir. Il peut aussi porter sur un type d'objet réel intermédiaire qui a la particularité de *représenter* un autre objet réel ou non, par exemple, un dessin, une peinture ou une photographie. Cette relation ne nécessite pas forcément la présence ni l'existence même de ce dernier. Une personne peut tout à fait réaliser un dessin qui représente un dragon qui peut être perçu par un observateur comme étant une image de dragon quand bien même les dragons n'existent pas. Ce qui doit exister, en

revanche, c'est une forme *d'idée* commune de « dragon » entre le dessinateur et l'observateur pour que ce dernier associe la représentation à son objet (le dragon).



Figure 3 : « Dragon rouge dans sa grotte », dessin de Raphael, 5 ans.

Nous appellerons cette classe d'images de représentation intermédiaire d'objet, des *images instrumentales*, car elles nécessitent une forme d'instrument pour être produites ou enregistrées.

Contrairement aux images optiques qui obéissent aux lois physiques naturelles pour se former, les images instrumentales nécessitent un apprentissage et une intervention humaine. De plus, la présence simultanée de l'objet qu'elles représentent n'est requise ni lors de la production ni à l'observation. Elles se visionnent elles-mêmes selon les six scénarios définis dans la Figure 2, l'*image instrumentale* faisant office d'objet.



Figure 4 : Le scénario classique d'observation d'une image instrumentale.

### 1.1.3 Média, technique ou représentation

Une des confusions communément associées à l'image instrumentale visuelle concerne l'assimilation récurrente entre le(s) média(s), la technique et la représentation elle-même (son contenu) (Joly, 2014: 12). L'image instrumentale est souvent un amalgame du morceau de papier qu'un dessinateur a utilisé, de son système d'enregistrement ou de l'instrument utilisé pour la produire, et de la représentation de l'objet elle-même sous la forme du dessin.

#### Le média

Concernant le média, une différenciation supplémentaire doit encore être définie entre trois formes parfois interdépendantes :

- En tant que support de l'information (pellicule, papier, toile, format de fichier numérique, etc.), il est essentiellement dépendant de la technique et du processus de constitution de l'image, mais il peut aussi l'influencer par les possibilités physiques ou technologiques qu'il offre.
- En tant que support ou moyen de visualisation (écran d'ordinateur, de télévision ou de projection, scène, technique d'impression, etc.), ses caractéristiques comme son type, son format, sa taille, sa distance, sa qualité, etc. peuvent influencer significativement la perception de l'image sensorielle.
- En tant que moyen de transmission ou de diffusion de l'information (télévisions, journaux, base de données, catalogue, Web, réseaux sociaux, cinéma, musée, etc.), il pourra envahir, saturer la société globalisée d'images banales ou remarquables en temps réel ou au contraire les protéger, les diversifier ou les valoriser.

## La technique

Il existe aussi bien en art qu'en science une grande variété de techniques, de dispositifs ou d'approches pour réaliser des images instrumentales : la peinture, le dessin, la gravure, la photographie, la vidéo, le calcul, l'informatique, le traitement de signal, etc. Parmi les techniques, nous en distinguerons trois familles : les images graphiques, les images enregistrées et celles fabriquées. Ces trois familles se distinguent non seulement par leur mode de production respectif, par leur type de représentation, mais aussi par le fait que certaines, en particulier les images enregistrées, nécessitent strictement l'objet réel au moment de l'enregistrement de ce dernier.

Les images graphiques sont généralement des tracés réalisés à l'aide d'un instrument (pinceau, crayon, etc.). Par le recours à un instrument manipulable, elles peuvent être classées en fonction du degré d'intervention humaine dans le processus de production de l'image sans tenir compte de la composition et la mise en place de l'objet comme, notamment :

- Les techniques de contact fondamentalement humaines comme la peinture ou le dessin à main levée.
- Celles où l'humain est aidé d'un dispositif optique ou géométrique ou mécanique (décalques, *camera obscura*, tables à dessin géométrique, etc.).
- Les techniques par projection de matières plus ou moins mécaniques (peinture au spray, etc.)
- Celles où l'humain est assisté par l'informatique (dessin assisté par ordinateur, tablette tactile, dessin vectoriel, modélisation, schématisation, etc.). Même si, dans ce type d'image, il y a aussi formellement un enregistrement informatique, celui-ci porte sur le fichier informatique et non sur l'enregistrement du contenu visuel que nous définissons ci-dessous. En ce sens, nous ne la considérons pas comme *image enregistrée*.
- Les images calculées informatiquement ou produites par des automates programmés. Pour ces images, l'humain n'intervient généralement plus du tout dans le processus de production, il est remplacé par le calcul mathématique ou un automate.

Les images enregistrées nécessitent quant à elles un instrument de détection ou d'enregistrement (œil, caméra, détecteur, outil de mesure, support sensible, etc.). Ce n'est plus l'humain ou une machine qui pilote le processus de production de l'information visuelle, mais un signal qui est enregistré par une surface sensible à ce rayonnement. Comme pour la formation des images optiques, l'enregistrement de ces images nécessite strictement la présence de l'objet, mais, en revanche, pas nécessairement au moment de l'observation de l'image enregistrée. Une projection électromagnétique, formant parfois une image réelle, arrive sur un support d'enregistrement selon les mêmes 6 scénarios de base décrits plus haut. Au-delà de ces scénarios, nous pouvons au moins distinguer trois situations différentes :

- Lorsqu'aucun dispositif optique n'est nécessaire. Dans ce cas, ce sont les simples projections lumineuses ou les ombres portées provenant d'objets qui sont enregistrées sur une surface sensible. C'est par exemple le cas des photogrammes, des planches contact qui fonctionnent comme les marques de bronzage sur la peau.
- Lorsqu'un système optique est couplé à une surface sensible et fonctionnent ensemble comme un substitut de l'œil humain. Nous pourrions remplacer dans les 6 scénarios l'œil de la Figure 2 par un dispositif de ce type. La principale finalité du système optique consiste ici à former une image réelle sur la surface d'enregistrement. Nous pouvons associer à cette situation l'appareil photographique (scénario 1 à 6) ou les systèmes d'agrandisseur pour réaliser les tirages positifs (scénario 3).
- Lorsqu'un système optique fonctionne de manière indépendante par rapport à la surface sensible. On ne peut plus vraiment parler de substitut de l'œil, car la finalité du dispositif ne consiste plus prioritairement à former une image réelle sur un écran sensible.

Enfin, les images fabriquées sont des images qui font intervenir un certain degré de technicité dans leur processus de formation. Elles peuvent être générées sans lien physique avec la réalité comme dans la création d'images de synthèse ou d'environnement de réalité purement virtuelle. Elles peuvent aussi être produites à partir de l'enregistrement de signaux physiques. Dans ce cas, contrairement aux images enregistrées proprement dites, l'enregistrement du signal lui-même ne suffit pas à former l'image d'intérêt. Il est nécessaire de traduire, de convertir ou de cumuler ce signal capté pour en fabriquer technologiquement ou numériquement une visualisation. Nous pouvons notamment inclure dans cette famille d'images fabriquées les techniques d'imagerie médicale comme l'échographie, la résonance magnétique, le PET scan, les techniques tomographiques en général, l'imagerie chimique, sismique, les techniques de numérisation par balayage de surface en 3D, etc.

Il faut remarquer que la distinction entre image enregistrée et image fabriquée n'est parfois pas évidente pour les images produites à partir d'enregistrements. En effet, par exemple, dans quelle catégorie mettre la photographie numérique ? Nous aurions tendance naturellement et à juste titre à l'associer aux images enregistrées. Il faut néanmoins reconnaître qu'il y a aussi une bonne part de « fabrication » ne serait-ce déjà, par exemple, avec la réattribution purement logicielle de l'information couleur aux pixels de l'image durant les opérations de dématricage pour en générer une image couleur. Cette part de fabrication a même tendance à augmenter avec les nouvelles technologies multi capteurs qui équipent les dernières versions de smartphones. La question de la fabrication n'est pas seulement apparue avec la photographie numérique, les films argentiques subissaient aussi entre autres une calibration non linéaire de leur sensibilité à l'œil humain moyen. Ainsi, il est parfois difficile de placer une limite claire entre une image enregistrée proprement dite et une image fabriquée. Dans ce travail, nous distinguons ces deux familles non pas selon leur représentation visuelle, mais en fonction de leur fabrication et du lien direct ou indirect entre celle-ci et le signal physique capté. Ainsi, pour qu'une image soit véritablement considérée comme enregistrée il est nécessaire :

- Qu'elle soit issue de l'enregistrement d'un seul signal électromagnétique (visible ou non).
- Que l'enregistrement du signal lui-même produise la représentation visuelle. C'est-à-dire qu'une image réelle se forme sur le support d'enregistrement.

Ces critères correspondent au principe de fonctionnement de la photographie classique que nous classifions d'image enregistrée. Elle correspond aussi, à notre sens, à certains types d'enregistrement comme les radiographies, l'imagerie UV, IR, etc.

Ainsi, selon ces critères, nous considérons comme des images fabriquées, d'une part, toutes les images produites par d'autres types de signaux nécessitant une conversion. C'est le cas notamment des ondes mécaniques de l'échographie, des images de sismiques ou le rayonnement d'électrons utilisés dans pour la microscopie électronique. D'autre part, certaines techniques d'imagerie médicale comme l'IRM, par

leur mode de construction qui consiste à localiser précisément dans l'espace l'origine d'un signal particulier plutôt qu'à en former une image réelle sur un capteur, sont aussi rangées du côté des images fabriquées. Nous détaillerons encore par la suite cette distinction quand nous aborderons certaines techniques particulières utilisées en science forensique.

## La représentation

Le contenu de l'image instrumentale fait référence à la *vue* globale de l'information visuelle qu'elle contient. Cette vue nécessite une lecture sensorielle qui s'accompagne en général d'un processus cognitif simultané. Ce dernier nécessite un apprentissage et est donc largement influencé par l'expérience d'apprentissage et le vécu personnel, mais aussi par le contexte général d'observation, la technique de production et le type de représentation.

C'est peut-être sous cet aspect de représentation, lui-même très dépendant de la technique utilisée, que la notion d'image est la plus protéiforme. Nous pouvons tout d'abord différencier deux grandes classes de représentations : figuratives et abstraites. Nous définissons dans ce travail les images figuratives comme étant des représentations faisant référence visuellement plus ou moins explicitement à des objets du monde réel ou imaginaire. Celles abstraites n'ont pas forcément cette relation visuelle directe avec les « objets » qu'elles visent à dénoter ; elles portent plus sur des qualités, des sentiments qui n'ont pas forcément de forme physique établie. Il est évident que parmi les représentations figuratives, il peut y avoir tout de même un certain niveau d'abstraction que l'on peut attribuer notamment à une certaine codification culturellement apprise de celle-ci.

Parmi les images figuratives – nous laisserons de côté les images abstraites qui sont moins en rapport avec ce travail –, Darras (1998: 81, 2001: 150) définit deux types d'images instrumentales : les *similis* et les *schémas* dont leur réception aussi bien que leur fabrication font appel principalement à des processus cognitifs et sémiotiques différents, respectivement l'aspect figuratif et opérationnel de la connaissance. Les *similis* sont des représentations analogiques qui découlent de l'image sensorielle. Ils sont optiquement ressemblants à l'objet auquel ils font référence en termes de forme, de jeux d'ombres, de proportion, de perspectives et se valident par des règles expérientielles de la construction optique de la perception. Nous pouvons associer la famille des images enregistrées, du moins sous leurs formes les plus habituelles, à la classe des *similis* au même titre que le dessin d'observation ou que les œuvres du courant artistique du réalisme, même si elles ne se limitent de loin pas à un mimétisme du réel (Musée d'Orsay, 2006). Il faut préciser que les *similis* peuvent avoir différents degrés de *réalisme* dans la restitution visuelle du sujet, les images enregistrées ayant généralement un degré de réalisme mimétique élevé.

Les *schémas* sont, quant à eux, des représentations simplifiées avec un certain degré d'abstraction souvent codifiée ou symbolisée qui nécessitent des traitements de nature opératoire de la connaissance aussi bien au niveau de la production que de la réception. Ces opérations visent essentiellement une efficacité communicationnelle du schéma. En fonction du niveau de codification de l'information et du type d'information préférentiellement traitée, on peut catégoriser les *schémas* en croquis, pictogrammes, diagrammes, idéogrammes, organigrammes, graphes, etc.

### 1.1.4 L'image scientifique ou artistique

Comme on le remarque déjà dans la citation introductive de Reiss, la relation ou la distinction entre l'image artistique et scientifique est une préoccupation qui, même si elle a été forte dès l'invention de la photographie, l'a largement précédée. Pourtant, le mélange des genres est bien présent, le cycle de vie d'une image, ou d'une collection, dépasse son contexte de réalisation. Cette dualité est même très présente dans le travail de Reiss qui défend le caractère scientifique de la photographie tout en ayant un

souci permanent pour l'esthétisme de ses réalisations, même lors de ses interventions sur scènes de crime. Il n'est dès lors pas étonnant que ses images judiciaires, ou réalisées sur les lieux d'intervention, auxquelles il attribue une valeur scientifique, finissent exposées un siècle plus tard dans des musées d'art photographique (Reiss, 2009). S'il paraît difficile de tracer les contours de l'image artistique tant ils sont complexes et évolutifs – l'œuvre controversée « *La fontaine* » de Marcel Duchamps, urinoir industriel, photographié en 1917 par Alfred Stieglitz est un bon exemple des formes imprévisibles que peut prendre l'art et ses différents courants – nous tenterons plutôt de définir ceux de l'image scientifique.

L'utilisation de l'image s'est développée et se développe encore dans tous les domaines scientifiques : des premières gravures anatomiques illustrant certains livres de médecine dès le XVI<sup>e</sup> siècle (Saffrey, 2004: 255) jusqu'aux images fabriquées d'exoplanètes en astronomie en passant par certaines études controversées d'anthropologie criminelle et de « type criminel » menées notamment par Lombroso (1835-1909) au XIX<sup>e</sup> siècle (Renneville, 2005).

L'imagerie scientifique porte aussi bien sur l'image graphique, enregistrée que fabriquée (Lissalde, 2001: 26). L'image scientifique est souvent associée à une certaine forme de technicité – par exemple dans l'imagerie médicale, la microscopie électronique, les images d'astronomie, etc. –, mais celle-ci n'est pas forcément nécessaire. Elle peut aussi être caractérisée par le phénomène physique enregistré, mesuré ou observé (Calaly, 1999, cité dans Lissalde, 2001: 26; Joly, 2014: 18-20), mais à nouveau, elles ne se fondent pas forcément toutes sur l'observation d'un phénomène physique particulier. Ce n'est pas vraiment la technique d'observation ou de production qui va ainsi définir l'image – ou une collection d'images – comme scientifique, ni le phénomène physique observé, ni la représentation elle-même. Pour qu'une image soit considérée comme scientifique, il faut tout d'abord qu'elle représente l'objet ou le phénomène d'intérêt avec une certaine exactitude et précision, parfois reproductible, pour un contexte scientifique donné (Joly, 2014: 19). Au-delà de cette exactitude, nous rejoignons Lissalde (2001: 27) dans le fait que c'est d'abord le regard du scientifique ou de l'artiste qui donne un statut scientifique ou artistique à l'image photographique.

En adhérant à une telle conception centrée sur l'observation du scientifique, nous devons accepter que le statut scientifique ne soit pas proprement lié à l'image elle-même et donc que l'image scientifique en soi n'existe pas. Elle n'existerait que par le regard scientifique qu'on y porte. Une telle simplification n'est pas sans risque, car elle a tendance à mettre toute image, quelle que soit son origine, au même niveau de scientificité potentielle. Il est encore nécessaire de considérer les phases différentes de production et d'observation de l'image. Une image produite par un scientifique suivra un protocole établi et documenté qui donnera certaines garanties sur l'enregistrement de l'objet ou du phénomène réel. Ainsi, l'image produite scientifiquement paraît mieux à même de permettre une observation ou une analyse scientifique simultanée ou postérieure. Cette acquisition scientifique n'est toutefois pas obligatoire à une observation scientifique. Des images d'amateurs, de témoins dont le contexte et les auteurs ne sont pas forcément connus, peuvent aussi, au travers du regard porté par le scientifique, prendre un statut d'images utiles à la science (Lissalde, 2001: 28).

Nous parlerons d'images scientifiques uniquement pour les images produites par le scientifique pour son contexte de recherche. C'est le regard du scientifique dans le processus production que nous considérons comme déterminant. Elles ont pour but premier une observation ou une analyse scientifique, mais peuvent servir aussi comme moyen d'éducation, de vulgarisation ou de diffusion. Nous garderons cependant à l'esprit que le statut scientifique de l'image est indissociable de la connaissance de son contexte de production scientifique et de son commentaire.

### 1.1.5 Image fixe ou animée

Être sage comme une image, dit-on dans le langage courant. Cette métaphore fait référence aux aspects fixes et silencieux attribués à l'image. Pourtant, l'image est aussi animée et même souvent sonore : celle

médiatique de la télévision, la vidéo, le dessin animé et le cinéma, interactives voire même nouvellement à « réalité augmentée » ou encore immersive avec les nouvelles technologies de réalité virtuelle. Avec ces images, le spectateur passe tantôt de la contemplation, au visionnement actif ou passif des images fixes ou qui défilent, jusqu'à l'interaction amusante ou éducative. L'image fixe fige le temps ; l'image animée ajoute la durée, l'action, le mouvement, le son, définit l'histoire. *“La photographie, disait le Petit Soldat, c'est la vérité, et le cinéma, c'est 24 fois la vérité par seconde”* (Godard, 1963 dans Bonitzer, 1976: 30). Les images fixes et animées représentent des champs de recherche propres et très vastes (Bonitzer, 1976), c'est pourquoi, dans le cadre de notre approche théorique, nous nous limiterons à l'image fixe et silencieuse bien que de nombreux éléments soient directement transférables à l'image animée.

### 1.1.6 Image-eidolon ou image-eikon

Dans le grec ancien de l'antiquité d'Homère puis de Platon se met en place une distinction plus ou moins évidente concernant l'image et son rapport à son modèle (Saïd, 1993: 11). D'un côté, l'*eidolon*, dédié entièrement au sens et au visible, n'est qu'un double visible, un fac-similé, une imitation de son modèle. Il ne fait appel qu'aux sens et donc à l'image sensorielle telle que définie précédemment. Au contraire, l'*eikon*, repose non plus uniquement sur l'apparence, mais sur la notion de conception ou de représentation qui nécessite une opération intellectuelle pour être perçue comme telle (Saïd, 1993: 16). En schématisant, le mépris pour l'une, car elle *trompe* par ses apparences ; l'estime pour l'autre qui amène à la connaissance en rendant visible l'essence du modèle. « Dieux créa l'homme à son image » (Genèse 1, 27) n'est pas une image d'apparence, mais bien une image d'essence. Cette distinction explique les destinées antagonistes de l'idole (*eidolon*) qui évoque de faux dieux qui n'existent que par leur image-apparence et de l'icône (*eikon*) qui sont les représentations du Vrai Dieu dans la terminologie religieuse.

La notion d'idole et d'icône représente ainsi les pôles négatifs et positifs interconnectés d'une réalité. Il faut remarquer que cette polarisation intervient aussi bien au niveau du processus de création qu'au niveau de la réception : le spectateur, s'il ne s'intéresse qu'à la vue sensorielle de l'apparence de l'*icône*, ne la perçoit que comme *idole*.

Cette méfiance des apparences des *images-idoles* reste encore très ancrée dans la société occidentale actuelle, du moins dans son système éducatif, où prédomine encore largement la préférence du langage et du texte qui transite de l'enseignant à l'élève comme dispositif d'enseignement – la leçon – au détriment de l'image considérée comme impure et trompeuse (Darras, 2001: 150-151).

Cette dualité explique aussi certainement une partie des réticences très tranchées que le discours sur la photographie comme miroir du réel a généré notamment par rapport à l'art. *“ Je crois que l'art est et ne peut être que la reproduction exacte de la nature [...]. Ainsi l'industrie qui nous donnerait un résultat identique à la nature serait l'art absolu. Un Dieu vengeur a exaucé les vœux de cette multitude. Daguerre fut son Messie. Et alors elle se dit : "Puisque la photographie nous donne toutes les garanties désirables d'exactitude (ils croient cela, les insensés), l'art, c'est la photographie." A partir de ce moment, la société immonde se rua, comme un seul Narcisse, pour contempler sa triviale image sur le métal. Une folie, un fanatisme extraordinaire s'empara de tous ces nouveaux adorateurs du soleil ”* (Baudelaire, 1859). Cette dernière phrase de Baudelaire résonne particulièrement avec l'idolâtrie actuelle du « selfie », image narcissique par excellence, encore amplifiée avec l'émergence des réseaux sociaux avec lesquels elle se complète à merveille.

### 1.1.7 Image de soi, d'un phénomène ou sociale

Tout ce que nous avons vu jusqu'à présent est en rapport direct ou indirect avec des notions physiques tangibles. Une autre confrontation des deux mondes intérieurs et extérieurs qui, cette fois est plutôt du

côté du psychologique ou du social, concerne cette fois la notion d'image de soi ou image de marque (Joly, 2014: 17). Ces processus liés à une forme de construction identitaire ou de réputation sociale, individuelle ou collective, sont aussi des processus mentaux issus des aspects opératifs de la connaissance. Cette image peut être purement interne (image de soi), porter depuis le monde intérieur sur une entité du monde extérieur (un phénomène, un produit, une entreprise, d'autres êtres vivants ou groupes sociaux, etc.), ou être un regard de la société sur un individu ou sur un autre objet du monde extérieur. Cette notion d'image vise donc soit à attribuer d'éventuelles qualités ou valeurs socioculturellement élaborées à certaines entités soit à se forger une sorte de vision de fonctionnement si possible au plus proche de la réalité.

Nous pouvons définir au moins quatre mécanismes différents liés à la construction de ce type d'image identitaire ou sociale.

- Élaborer une image préconçue de soi ou d'une entité externe. Ce type d'image porte donc sur une vision construite individuellement ou collectivement sans véritablement de données issues de la réalité.
- Élaborer une image par une récolte de données issues du monde extérieur. La volonté ici est de construire une image non plus subjective ou interne, mais qui repose sur des données réelles qui peuvent prendre plusieurs formes et relatives à plusieurs aspects de fonctionnement, de structure ou de qualité sociale de l'entité traitée. Cette utilisation particulière du mot image n'est pas rare : *“ On retiendra de cette étude l'image d'un marché des opioïdes dans le canton de Vaud qui, même s'il est parfois multiforme, a une structure de base relativement simple, organisée autour d'un seul produit, l'héroïne ”* (Zobel, Esseiva, et al., 2017: 7). Il faut remarquer ici que la collecte de données peut s'intéresser aussi bien à former une image « réelle » d'une entité comme dans l'exemple ci-dessus ou alors sur la perception individuelle existante d'une population sur une entité particulière. Ce sera par exemple le cas d'une partie des études sur le sentiment de sécurité qui peuvent reposer en partie sur le ressenti de sécurité individuel en les combinant, ou non, aux chiffres réels d'incivilité ou de délinquance (Observatoire de la sécurité, 2005). On peut aussi citer certains travaux de Michael Meyer (2012) qui s'intéresse à l'« image de la police » par l'étude sociologique d'images matérielles ou médiatiques produite par ou sur la police.
- Montrer ou exposer son image de soi, son statut social à la société. C'était une des finalités du portrait peint, puis photographique que de montrer son appartenance à une certaine classe sociale. Le principe consiste ici à matérialiser sous la forme d'un outil de communication un aspect réel intérieur pour le montrer au monde extérieur.
- Influencer la construction de l'image d'une entité ou la modifier par certains outils de communication. C'est ici le principe du marketing, de la publicité, des campagnes politiques, etc., mais c'est aussi une des forces des médias qui peuvent être une des sources très influentes sur la perception sociale (Meyer, 2012: 3). Il faut noter qu'il est très fréquent que les outils mis en œuvre reposent eux-mêmes sur des images visuelles capables de faire attribuer à l'observateur des propriétés et des qualités sociales, gustatives, environnementales, etc. à l'entité traitée. Nous pouvons aussi associer à ces deux derniers mécanismes le développement du principe du selfie dans les réseaux sociaux permettant de se construire, d'influencer et diffuser une image ou une réputation sociale réelle ou non.

## 1.2 L'image comme signe analogique

On le voit par ce bref inventaire que la notion d'image est complexe et protéiforme. On perçoit tout de même un point commun sur tout ce que venons de présenter comme significations du mot image:

l'analogie. “ *Une image, c'est d'abord quelque chose qui ressemble à quelque chose d'autre* ” (Joly, 2014: 31).

Accepter cette définition et cette relation analogique, c'est reconnaître premièrement à l'image son caractère essentiel de représentation. L'image n'est pas l'objet, c'est une représentation d'un objet autre. L'image est donc perçue comme un signe (Joly, 2014: 31).

Deuxièmement, l'image est un signe qui entretient avec son objet, son *réfèrent* pour reprendre la terminologie de Barthes (1980: 18), une certaine relation. Et cette relation que l'image entretient avec son réfèrent serait de l'ordre de l'analogie, de la ressemblance (Joly, 2014: 31).

Dans la perspective de l'image comme *signe analogique*, il nous semble pertinent d'étudier l'image sous l'angle de sa signification et de ses modes de production de sens et donc de communication. La sémiotique de Peirce semble offrir un cadre théorique très utile à notre reconstruction de l'image et plus particulièrement, par la suite, de l'image judiciaire.

### 1.2.1 Introduction à la sémiotique de Peirce

L'objectif de cette introduction est de fixer un cadre théorique suffisant pour notre analyse et non pas de rendre compte de toute la complexité et la richesse de la théorie sémiotique de Peirce et de son évolution. Nous nous appuyerons sur la vision sémiotique de Peirce principalement pour trois raisons. (1) Ses travaux sont déjà utilisés dans le monde forensique sur la notion de trace et sur les processus de raisonnements utilisés dans l'enquête à partir de celles-ci (Margot, 2014). (2) Ils sont largement repris par différents auteurs sur la notion d'image qui ont servi de référence à cette partie de ce travail (Brunet, 2012; Dubois, 1983; Joly, 2005; Schaeffer, 1987). (3) Peirce utilise régulièrement la notion d'image ou la photographie comme exemple ou illustration de sa théorie. Pour ce résumé sommaire très simplifié de la sémiotique complexe de Peirce, nous nous appuyerons largement sur l'article de Everaert-Desmedt (2011) et sur les commentaires de Gérard Deledalle (Peirce et Deledalle, 1978).

Peirce a élaboré une sémiotique systématique, générale et pragmatique. Systématique, car elle est réalisée de manière méthodique dans un système prédéterminé. Générale, car elle n'est pas liée à un type de signe particulier, contrairement à la sémiologie de Saussure dédiée au signe linguistique. Pragmatique, car elle définit le signe par la pratique de l'interprète dans ses contextes de production et de réception (Everaert-Desmedt, 2011).

#### Les trois catégories d'idées de l'expérience humaine

Selon Peirce trois catégories, classées de manière ordinale, sont nécessaires et suffisantes pour rendre compte, décrire et classer les idées qui appartiennent à l'expérience de l'esprit humain : la priméité, la secondéité et la tiercéité.

“ *Le premier est ce dont l'être est simplement en soi ; il ne renvoie à rien et n'est impliqué par rien. Le second est ce qui est ce qu'il est en vertu de quelque chose, par rapport à quoi il est second. Le troisième est ce qui est ce qu'il est par les choses entre lesquelles il établit un lien et qu'il met en relation* ” ((1.356) Peirce et Deledalle, 1978: 72).

La priméité est la catégorie du sentiment et de la qualité, dans le sens d'un caractère qui peut être abstrait de son occurrence particulière. Elle est une conception de l'être indépendamment de toute autre chose, dans sa globalité, sans cause ni effet. La priméité correspond à la vie émotionnelle (Everaert-Desmedt, 2011).

La secondéité est la catégorie qui limite et qui détermine le premier. C'est la catégorie de l'individuel, de l'occurrence, de l'expérience et de l'existence. Elle implique la priméité. La secondéité correspond à la vie pratique (Everaert-Desmedt, 2011).

La tiercéité est la catégorie de la synthèse, de la relation, de tout ce qui fait l'intermédiaire entre un premier et un second. La tiercéité est la catégorie de l'habitude, de la règle, de la loi, catégorie de la pensée, du langage, de la représentation, du processus sémiotique. Contrairement au caractère individuel de la secondéité, la tiercéité et la priméité sont des catégories du général. La généralité de la priméité est de l'ordre de la possibilité alors que celle de la tiercéité est de l'ordre de la prédiction scientifique. Elle correspond à la vie intellectuelle et à la raison (Everaert-Desmedt, 2011).

Peirce distingue dans ces catégories des degrés authentiques ou dégénérés. La priméité est toujours authentique, elle ne comprend qu'elle-même. La secondéité, en revanche, comprend la priméité. Elle peut donc être authentique (externe) si elle a comme second un second et dégénérée (interne) si elle a pour second un premier. Les seconds authentiques ou externe "sont constitués par un fait externe et sont de vraies actions d'une chose sur une autre" ((1.365) Peirce et Deledalle, 1978: 109). Dans une même construction, la tiercéité comprend à la fois la priméité et la secondéité. Elle possèdera un niveau authentique et deux niveaux de dégénérescence si elle a comme troisième un premier ou respectivement un second.

### La structure triadique du processus sémiotique

La sémiotique est la théorie Peircienne du signe. Contrairement à Saussure qui, dans sa sémiologie linguistique, avait proposé une structure à deux termes, le signifiant et le signifié, Peirce propose une analyse logique basée sur une structure triadique qui ajoute la notion d'objet au modèle de Saussure en proposant une autre nomenclature. Ainsi, tout processus sémiotique selon Peirce est une relation triadique entre un signe ou representamen (premier), un objet (second) et un interprétant (troisième).

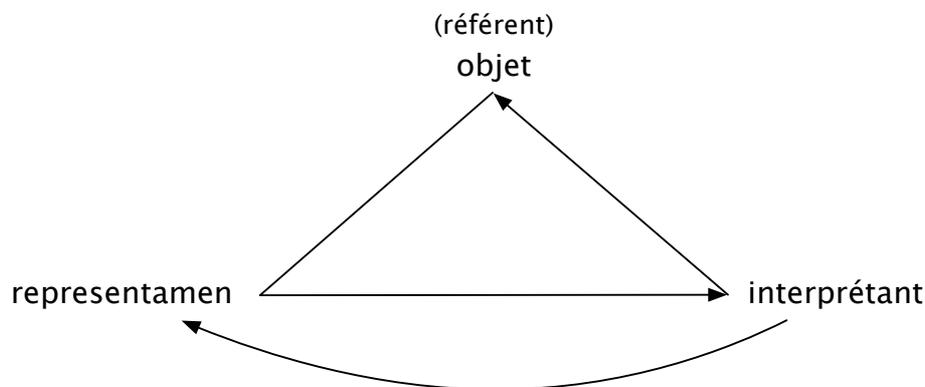


Figure 5 : Diagramme de la relation triadique syntactique du signe selon Peirce (Peirce et Deledalle, 1978: 229).

Peirce définit le signe, ou representamen comme étant "quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose, sous quelque rapport ou à quelque titre. Il s'adresse à quelqu'un, c'est-à-dire qu'il crée dans l'esprit de cette personne un signe équivalent ou peut-être plus développé. Ce signe qu'il crée, je l'appelle l'interprétant du premier signe. Il tient lieu de quelque chose : son objet. Ce signe tient lieu de cet objet, non sous tous rapports, mais par référence à une sorte d'idée que j'ai appelée le fondement du representamen." ((2.228) Peirce et Deledalle, 1978: 215). Avant d'être interprété, le representamen est une pure qualité ou potentialité : un premier.

L'objet est ce que le signe représente. L'objet du signe est ce dont le signe présuppose la connaissance pour pouvoir communiquer des informations supplémentaires le concernant ((2.231) Peirce et Deledalle, 1978: 123). Le signe ne peut qu'exprimer quelque chose de l'objet, il ne peut pas le faire connaître. Il peut être “ *perceptible ou seulement imaginable ou même inimaginable* ” ((2.230) Peirce et Deledalle, 1978: 122). Peirce distingue l'objet dynamique (ou référent): l'objet tel qu'il est dans la réalité (secondéité) ; et l'objet immédiat : l'objet tel que le signe le représente (priméité).

Un signe, pris en considération par un interprète, crée chez ce dernier de manière itérative un autre signe équivalent ou plus développé appelé interprétant. Ce nouveau signe interprétant ou *interprétant syntactique* est déterminé par le signe primitif à renvoyer au même objet que le signe primitif et qui traduit la signification du signe primitif et ainsi de suite potentiellement jusqu'à l'infini ou jusqu'à un interprétant final ((1.339 et 2.303) Peirce et Deledalle, 1978: 219). Ce signe interprétant est la signification de l'interprétant. Peirce associe l'interprétant final à l'habitude que nous avons d'attribuer telle signification à tel signe dans tel contexte. Cette habitude permet, par exemple, à des interlocuteurs de se mettre rapidement d'accord dans un contexte de communication qu'il soit verbal ou non verbal. L'habitude résulte de l'action de signes antérieurs qui provoquent le renforcement ou la modification des habitudes. Ainsi, à partir d'un signifiant, il sera possible d'avoir de nombreux interprétants (signifiés) différents en fonction du contexte et du vécu de l'interprète. Comme pour l'objet, Peirce distingue l'interprétant immédiat (destiné) : tout ce qui est explicite dans le signe indépendamment de tout contexte ; l'interprétant dynamique (effectif) : les effets sémiotiques réels que le signe produit de facto ; et l'interprétant final (explicite): l'habitude (Savan, 1980: 19-21).

Le processus sémiotique pose donc une relation triadique entre le signe, l'objet et l'interprétant. Peirce définit donc aussi trois composantes indissociables de la logique des signes ou sémiotique : la *grammaire formelle* ou *syntactique* qui est domaine des signes en eux-mêmes et qui représente la science des signes, car elle a pour but l'analyse de signes et de leur classification; la *logique* ou la *critique* (domaine de la relation des signes avec leurs objets) qui traite de la vérité de leurs relations et qui repose sur la déduction, l'induction et l'abduction ; la *rhétorique formelle* ou la *pragmatique* qui est plutôt du domaine de la relation des signes avec leurs interprétants.

## Les trois trichotomies du signe

Le processus sémiotique est une relation triadique entre le representamen, son objet et son interprétant qui repose sur les trois catégories de priméité de secondéité et de tiercéité. On distinguera donc trois trichotomies principales qui correspondent à la priméité, la secondéité et la tiercéité aussi bien dans le representamen (premier), en relation avec son l'objet (second) ou dans la façon dont son interprétant (troisième) opère sa relation avec son objet. Il faut considérer la division trichotomique du signe comme étant analytique et logique et pas du tout exclusive. Ainsi l'analyse d'un aspect d'un signe ne le définit pas dans sa globalité. La considération d'un aspect à chaque niveau d'analyse du signe n'exclut pas la présence des autres aspects et des autres niveaux dans le respect de la hiérarchie des catégories : tout second implique et suppose un premier et tout troisième nécessite un second et un premier.

### Du representamen

Comme premier, le signe est une qualité ou une possibilité. Cette qualité du signe, peut aussi elle-même être considérée comme première, seconde ou troisième selon qu'elle est sans existence, existante ou loi. La première trichotomie du representamen comprend respectivement : le qualisigne, le sinsigne et le légisigne. Un qualisigne est une qualité ou une simple possibilité qui fonctionne comme signe. Un sinsigne est une chose ou un événement existant qui fonctionne comme signe. Un sinsigne ne peut exister que par ses qualités (qualisignes). Enfin, un légisigne est une loi qui fonctionne comme signe, un signe conventionnel. Un légisigne requiert l'existence d'un sinsigne et de ses qualités.

### En relation avec son objet

Comme second, le signe est un existant. Cet existant, dans sa relation avec son objet, peut être une icône, un indice ou un symbole.

L'icône est première et renvoie à son objet selon des caractères ou des qualités qui lui sont propres et qui rendent le signe signifiant même si l'objet n'existe pas. Le mot icône provient du verbe grec *eikô* qui signifie ressembler. Un signe renvoie à son objet de façon iconique lorsqu'il existe une forme de *ressemblance* avec son objet. Il faut comprendre ressemblance comme étant plus large que la simple ressemblance visuelle et plutôt dans le sens d'avoir un caractère propre à son objet. Le representamen d'une icône peut être un qualisigne, un sinsigne ou un légisigne. Les icônes comprennent trois sous-classes : les « *images* » qui représentent des qualités, les diagrammes qui représentent des relations et les métaphores qui représentent une chose par similarité avec autre chose.

L'indice est second et renvoie à son objet par le fait qu'il est affecté réellement (relation de contiguïté) par son référent et nécessite donc son existence à un moment donné. L'indice étant la résultante d'une relation réelle physique par un référent, il est de l'ordre de l'individuel. L'indice étant second présuppose forcément une icône. Le representamen d'un indice ne peut pas être un qualisigne, car il n'y a pas d'existence dans la priméité. Un indice ne peut être qu'un sinsigne ou un légisigne.

Le symbole est troisième et renvoie à son objet en vertu d'une loi ou d'une habitude qui fait qu'il est interprété comme renvoyant à l'objet. C'est un signe artificiel, arbitraire ou conventionnel. Le representamen d'un symbole est nécessairement un légisigne, mais celui-ci nécessite une réplique réelle, un indice, qui lui-même repose sur des caractères iconiques. L'icône et le symbole, contrairement à l'indice, sont généraux, mais le symbole présuppose une icône et un indice.

### En relation avec l'interprétant

Comme troisième, le signe est une loi générale. La généralité de cette loi peut être un rhème (priméité), un dicisigne (secondéité) ou un argument (tiercéité).

L'interprétant rhématique est un signe de possibilité qualitative. Il est compris comme représentant de toute une classe d'objets possibles. Le rhème, étant de l'ordre du possible, n'est ni vrai ni faux. Il équivaut à une variable dans une fonction propositionnelle.

Le dicisigne est un signe d'existence réelle. Il nécessite forcément un rhème pour le décrire. L'interprétant dicent est la proposition logique de la variable. Il peut être vrai ou faux contrairement au rhème. Un dicisigne ne fournit pas de raison de sa vérité ou non.

L'argument ou le raisonnement est un signe de loi qui formule la règle qui relie le representamen et son objet. Comme déjà cité plus haut, on peut distinguer trois types de raisonnement pour formuler les règles qui relient le representamen à son objet. Le raisonnement peut consister à découvrir, par l'élaboration d'hypothèses, une règle susceptible d'expliquer un fait (abduction). Nous sommes, avec l'abduction, dans l'ordre de la règle possible et donc de la priméité. La règle peut aussi résulter des faits (induction). Avec l'induction, la règle découle de la répétition d'observations de faits réels, nous sommes donc dans l'expérience particulière réelle de la secondéité. Enfin, la règle peut être imposée aux faits (déduction) et relève donc de la tiercéité : la règle se justifie elle-même en tant que règle.

Comme résumé des trois trichotomies décrites ci-dessus, nous pouvons obtenir le tableau suivant :

	Premier	Second	Troisième
Representamen	Qualisigne (1.1)	Sinsigne (1.2)	Légisigne (1.3)
Objet	Icône (1.2)	Indice (2.2)	Symbole (2.3)
Interprétant	Rhème (1.3)	Dicisigne (2.3)	Argument (3.3)

Tableau 1: tableau des trichotomies du signe définies par Peirce (Peirce et Deledalle, 1978: 240).

### Les dix classes principales de signes

Peirce définit, sur la base du principe de hiérarchie des catégories qu'il a mis en place, dix classes de fonctionnement triadique principales des signes. Celles-ci sont formulées *a priori*, elles ne découlent pas de l'expérience, mais sont le résultat d'une analyse logique. Ces classes peuvent être complétées ou validées par l'expérience réelle *a posteriori*.

	Trichotomie	classes
I	(1.1, 2.1, 3.1)	Les qualisignes (iconiques rhématiques)
II	(1.2, 2.1, 3.1)	Les sinsignes iconiques (rhématiques)
III	(1.2, 2.2, 3.1)	Les sinsignes indiciaires rhématiques
IV	(1.2, 2.2, 3.2)	Les sinsignes (indiciaires) dicents
V	(1.3, 2.1, 3.1)	Les légisignes iconiques (rhématiques)
VI	(1.3, 2.2, 3.1)	Les légisignes indiciaires rhématiques
VII	(1.3, 2.2, 3.2)	Les légisignes indiciaires dicents
VIII	(1.3, 2.3, 3.1)	Les légisignes symboliques rhématiques
IX	(1.3, 2.3, 3.2)	Les (légisignes) symboliques dicents
X	(1.3, 2.3, 3.3)	Les (légisignes symboliques) argumentaux

Tableau 2 : les dix classes de signes respectant la hiérarchie des catégories. Entre parenthèses, les éléments superflus dans la définition de la classe (Peirce et Deledalle, 1978: 240-241).

Il ne faut pas considérer ces classes comme exclusives les unes par rapport aux autres, mais plutôt comme des degrés d'interprétations triadiques différents que l'on peut faire d'un signe, ou de manière plus précise, des fondements du representamen. Ainsi, un indice « pur » n'existe pas, car il nécessite obligatoirement une forme d'icône. De ce fait selon ce modèle logique tout signe ayant une existence réelle possède une composante iconique. Ces dix catégories ont évolué et se sont complexifiées par la suite en tenant compte de la distinction de l'objet immédiat et dynamique ainsi que l'interprétant destiné, effectif ou explicite se basant, non plus sur trois trichotomies, mais dix. Dans le cadre de ce travail, nous nous contenterons de ce modèle qui suffit à notre analyse qui ne porte pas sur la grammaire syntactique des signes.

### 1.2.2 Premières remarques sur l'application de la sémiotique à l'image

Dans le cadre d'analyse définie ci-dessus, nous pouvons en déduire certaines remarques générales sur l'image. Tout d'abord, pour des questions de compréhension et de précision, nous nous efforcerons de distinguer le mieux possible dans le cadre notre travail *l'objet* du signe qui appartient au monde intérieur du *réfèrent* réel de l'image photographique qui lui provient du monde extérieur et entretient avec l'image une relation de contiguïté physique selon le modèle présenté dans la Figure 6.

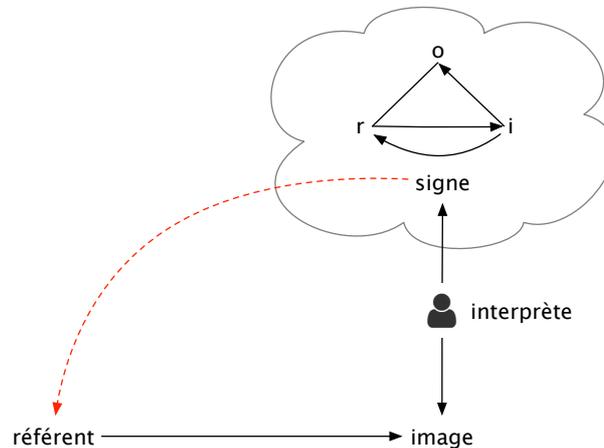


Figure 6 : Distinction entre référent réel de l'image et objet du signe appartenant au monde intérieur de l'interprète.

Nous pouvons aussi distinguer l'image mentale de l'image sensorielle : l'image mentale peut être première dans le sens de pure potentialité alors que les images sensorielles et instrumentales ne peuvent être que secondes, car elles ont forcément une existence réelle, une spatialité et une temporalité.

Une image réelle perçue par les récepteurs sensibles de la rétine de l'œil humain est donc une chose qui représente une autre chose, un signe. Ce signe entretient avec son référent une relation de construction optique qui va dépendre des caractéristiques du *système optique* de l'œil et surtout du référent réel. L'image sensorielle ainsi que toutes les images optiques ont forcément une composante indiciaire, car, pour être perçues, elles nécessitent une relation physique avec le référent réel. L'image sensorielle, qu'elle soit visuelle ou provenant d'un autre sens, est déterminée par le référent réel avec une temporalité ancrée dans le présent et une spatialité définie. Cette image sensorielle peut provoquer à son tour un interprétant qui pourra être lui-même un qualisigne, c'est-à-dire provoquer par exemple une pure émotion qualitative.

Nous avons pu distinguer plusieurs types d'images instrumentales : les images graphiques, les images enregistrées et les images fabriquées. Le point commun entre toutes ces images est qu'elles sont réelles, ce sont donc des sinsignes ou des répliques d'un modèle. Les images graphiques sont elles-mêmes des sinsignes iconiques, car elles n'ont pas de lien physique avec leur objet qui n'est pas forcément un référent réel. Elles peuvent avoir, par leur mode de production, un lien physique plus ou moins fort avec le producteur de l'image : la force exercée sur le crayon par le dessinateur. Au contraire, les images enregistrées et les images fabriquées à partir d'un signal ont un lien physique réel avec leur référent. Ces images n'existent pas en dehors de leur lien avec le référent réel. Dans ce sens, ce sont des sinsignes indiciaires qui nécessitent forcément une composante iconique. Enfin, certains types d'images, comme les panneaux de circulation, les indications de genre sur les portes de toilettes, peuvent avoir une nature conventionnelle qui lie, par une convention établie par une communauté humaine, le signe à sa signification. Dans ce sens, ce seront des légisignes. Nous pouvons nous risquer à donner quelques exemples liés aux images de chaque classe de signe dans le tableau suivant :

<i>Classes</i>	<i>Exemples en lien avec l'image</i>
Les qualisignes (iconiques rhématiques)	Une image mentale de certaines qualités imaginaires, inspirée, ou non, par l'expérience réelle.
Les sinsignes iconiques (rhématiques)	Un croquis dessiné à main levée de la forme d'une trace de semelle réelle ou non dont nous reconnaitrons certaines caractéristiques qualitatives d'une chaussure.
Les sinsignes indiciaires rhématiques	La photographie de la forme d'une trace de semelle réelle dont nous reconnaitrons des caractéristiques qualitatives générales de chaussures existantes.
Les sinsignes (indiciaires) dicents	La photographie de la forme d'une trace de semelle réelle dont nous reconnaitrons des caractéristiques spécifiques d'une chaussure particulière existante.
Les légisignes iconiques (rhématiques)	Une illustration graphique « modèle » de l'anatomie de l'être humain. C'est-à-dire qu'elle traduit l'accord d'une communauté scientifique, indépendamment de ses occurrences réelles individuelles (chaque réplique réelle de l'illustration peut être assimilée à un sinsigne) dont nous reconnaitrons les caractères anatomiques humains en général.
Les légisignes indiciaires rhématiques	Une image IRM « modèle » d'un corps humain qui traduit l'accord d'une communauté sur l'anatomie humaine, indépendamment de ses occurrences réelles individuelles (chaque réplique réelle de l'illustration peut être assimilée à un sinsigne) dont nous reconnaitrons les caractères anatomiques humains classiques; Une flèche annotée sur une image, qui par convention va indiquer un élément sur l'image et va avoir avec cet élément une connexion spatiale réelle.
Les légisignes indiciaires dicents	Un photo-passeport ou une photographie signalétique. Ces photographies sont codifiées dans des procédures policières administratives qui font office de règles. L'occurrence réelle spécifique est une réplique (un sinsigne indiciel dicent) d'une photographie signalétique.
Les légisignes symboliques rhématiques	Une photographie illustrative et caractéristique d'une forme particulière d'une catégorie de forme dans un système de classification. Par exemple, la photographie d'une oreille ayant une forme particulière correspondant à une classe de forme décidée par convention dans un système de classification et servant de modèle pour cette classe.
Les (légisignes) symboliques dicents	Une annotation codifiée d'une minutie particulière réelle sur une image d'une trace papillaire. Par rapport à la simple flèche, l'annotation possède une signification propre supplémentaire définie par convention (triangle pour bifurcation, cercle pour arrêt de ligne, etc.).
Les (légisignes symboliques) argumentaux	Une démonstration visuelle reposant sur un raisonnement logique. Cette démonstration fait office elle-même d'argument.

Tableau 3 : exemples appliqués à l'image des dix classes de signes.

Il faut aussi remarquer que dans la logique proposée par Peirce, ces signes, appartenant au monde extérieur, ne deviennent signes pour quelqu'un qu'à partir du moment où il provoque chez cet interprète un ou plusieurs interprétants mentaux. Ces interprétants deviennent alors eux-mêmes des representamens de ce même objet. Ceux-ci ne se situent pas forcément tous aux mêmes niveaux dans la hiérarchie des catégories que le signe primaire réel observé. Pour être encore plus précis concernant les sinsignes, l'interprétant primaire ne provient pas directement du référent réel primaire du signe, mais plutôt de l'image sensorielle, qu'elle soit visuelle ou non, de ce dernier. Ainsi, les facultés de perception des signes peuvent, selon nous, jouer un rôle important dans le processus sémiotique de certains signes. Ainsi la « qualité » de l'image sensorielle produite par nos sens de l'objet-signe réel aurait un impact sur l'interprétant primaire. Les facultés olfactives extraordinaires du « monstre » Jean-Baptiste Grenouille dans le roman de Süskind (1986) pourraient en être une bonne illustration.

Un autre point mérite d'être encore relevé concernant la nature itérative du processus sémiotique selon Peirce, l'interprétant du signe primaire devient lui-même signe produisant un autre interprétant et ainsi de suite jusqu'à l'interprétant final. Un processus similaire de renvoi peut, selon nous, se retrouver aussi du côté des signes réels du monde extérieur. Nous venons d'ailleurs juste d'aborder cette forme de renvoi ci-dessus en considérant l'image sensorielle (l'image réelle perçue par notre œil) comme « signe » du signe primaire originel. Si nous prenons l'exemple simple d'une trace papillaire révélée sur une feuille de papier. Cette trace est un signe qui renvoie au dessin papillaire du doigt de l'individu (référent) qui a déposé cette trace. Si nous enregistrons photographiquement cette trace et que nous observons désormais l'image photographique et non plus la trace directement, nous observerons un signe (l'image) d'un signe primaire (la trace papillaire). Comme pour l'image sensorielle, l'image-signe ne sera pas le signe lui-même, mais sera une représentation de ce signe qui, par référence, aura certaines caractéristiques et limitations par rapport à son référent (signe primaire) comme décrit de la Figure 7 ci-dessous.

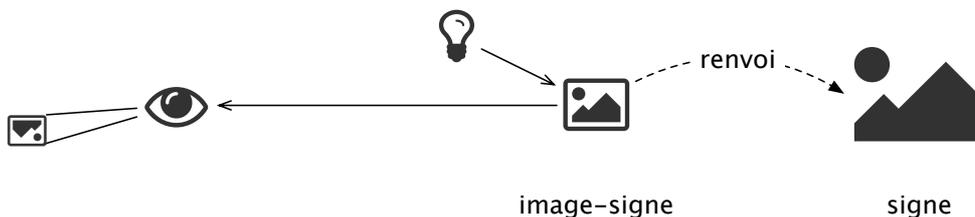


Figure 7 : Processus de renvoi d'une image intermédiaire par rapport à un signe primaire réel.

Cette considération est compatible avec la définition du signe de Peirce : *“ce signe tient lieu de cet objet, non sous tous rapports, mais par référence à une sorte d'idée que j'ai appelé le fondement du representamen”* ((2.228) Peirce et Deledalle, 1978: 215). Ainsi l'image n'est pas le référent, mais un tenant-lieu adéquat par rapport à certaines qualités ou caractères du référent. Le nombre de renvois successifs est potentiellement illimité. En effet, si nous continuons de détailler notre premier exemple, nous remarquons très vite que nous avons déjà probablement omis un cycle : l'enregistrement photographique analogique s'opère sur un négatif qui n'est généralement pas observé directement, il faut encore en faire une épreuve positive qui a elle-même ses caractéristiques propres par rapport au négatif. Ainsi dans notre exemple très simple, nous nous retrouvons avec un interprétant primaire qui se crée à partir d'une image sensorielle provenant de l'observation d'une épreuve positive créée à partir d'un enregistrement photographique d'un signe primaire qui représente son référent. Il faut remarquer que, selon nous, malgré cette succession de cycle, la relation sémiotique triadique entre l'interprétant, le signe initial, et son objet peut tout à fait se mettre en place. Ainsi, comme dans la Figure 8, nous suggérons que l'interprétant primaire est créé par un representamen qui peut être consécutif parfois à certains renvois intermédiaires par rapport à son objet primaire. Ces representamens intermédiaires entre l'objet

et le representamen primaire, par leur existence réelle, peuvent aussi faire office d'objet en soi d'un signe et aboutir à leur propre interprétant.

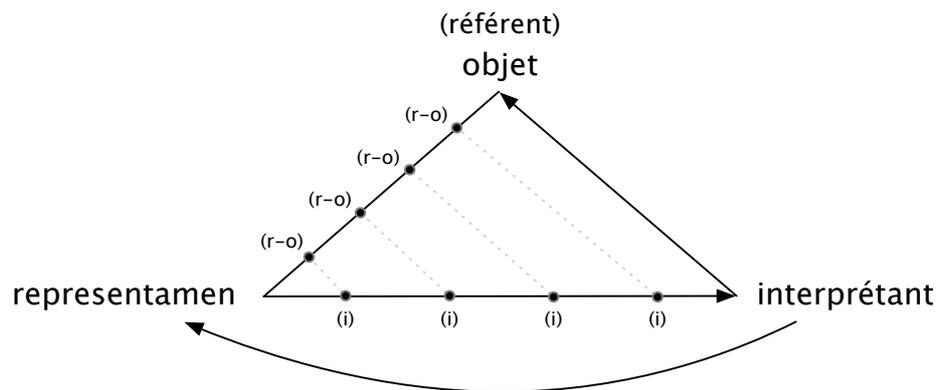


Figure 8 : Processus sémiotique détaillé pour certains signes réels : des representamens-objets (r-o) intermédiaires facultatifs peuvent exister entre l'objet primaire et le representamen du signe.

Enfin, considérant la définition du signe pour Peirce, “ *qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose [...]. Il s'adresse à quelqu'un* ” ((2.228) Peirce et Deledalle, 1978: 215), une certaine ambiguïté peut être levée en prenant en compte le fait que deux situations sont possibles (Schaeffer, 1987: 54). *Celui pour qui* le signe tient lieu et *celui à qui* il s'adresse sont soit une seule personne soit deux personnes différentes à savoir un émetteur et un récepteur. Lorsqu'il s'agit de la même personne, nous sommes dans le cas d'un signe non circulatoire, c'est-à-dire qu'il s'agit d'un unique processus sémiotique triadique. Au contraire, dans une optique où le sinsième iconique ou indiciaire n'est pas forcément « naturel » et peut être aussi fabriqué intentionnellement ou non par un émetteur humain, se met en place un processus circulatoire entre un émetteur et son récepteur. C'est le cas pour les images instrumentales où l'humain intervient. Si nous reprenons notre dessin de dragon (Figure 3), l'émetteur du signe iconique du dragon (enfant de 5 ans) a dû composer entre « l'idée » qu'il a des qualités d'un dragon, sa mise en scène et ses propres capacités de dessinateur. D'un autre côté, le récepteur a lui-même sa propre « idée » d'un dragon et ne va pas forcément correctement associer le signe iconique au bon objet, car il va s'en faire son propre interprétant indépendamment de l'émetteur. Dans le cas d'un processus circulatoire, d'une part la légende ou le contexte aura une importance primordiale dans la bonne réception du signe par le récepteur par rapport à la volonté de l'émetteur. D'autre part, les profils de l'émetteur et du récepteur pouvant être très différents, ils auront aussi leur importance aussi bien au niveau de l'émission de signe que dans sa réception. Par exemple, un émetteur au profil scientifique de pointe pourra émettre un signe de ses découvertes adapté et compréhensible pour des récepteurs avec un profil moins spécifique.

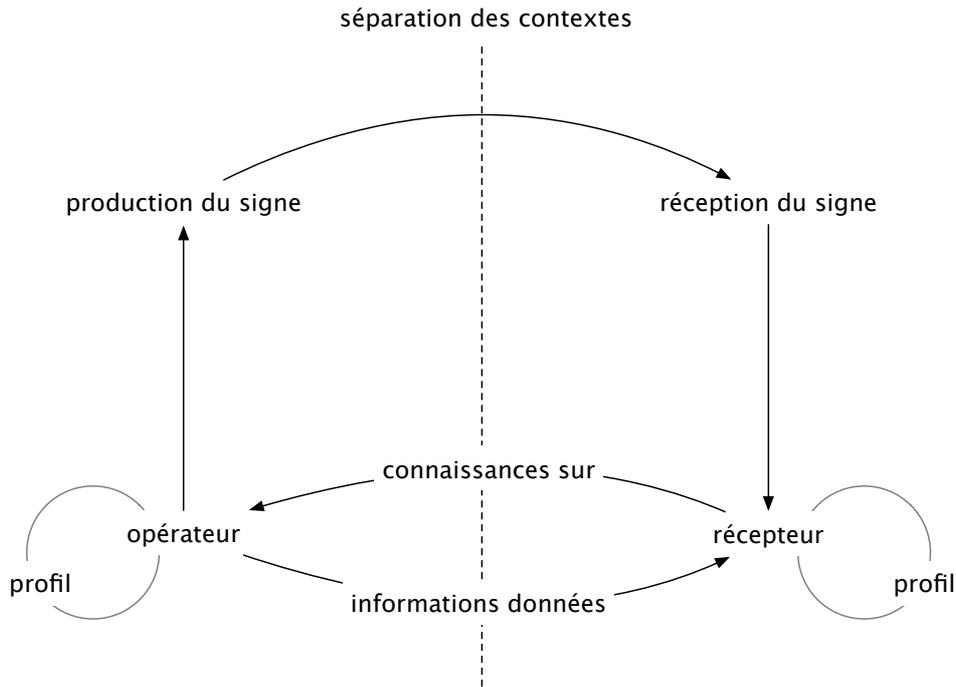


Figure 9 : Processus sémiotique circulaire entre l'opérateur de production d'un signe et son récepteur lorsqu'il ne s'agit pas de la même personne.

Considérer l'image comme signe analogique, c'est-à-dire que toute image a un caractère iconique, n'aide pas, dans la logique proposée par Peirce, à définir le lien précis qu'entretient l'image à son objet imaginaire ou réel. L'indice nécessite l'icône et le symbole nécessite respectivement l'indice et l'icône. Pourtant la question de ce lien avec l'objet est fondamentale, car elle influence le message produit par l'image et de son réalisme voire de l'existence de son objet. Il nous paraît donc, dans le contexte forensique, particulièrement intéressant de développer plus en avant certaines spécificités de la photographie qui en font un type d'image particulier dont le message est empreint de réalisme et d'existence. La réflexion sur la photographie nous permettra d'approfondir et de préciser certaines notions déjà abordées ci-dessus.

## 1.3 La photographie et le réel

Dans sa rétrospective des points de vue sur le principe ontologique de réalité inhérent au message produit par la photographie à son référent externe, Philippe Dubois (1983: 20-53) propose trois conceptions caricaturales historiques successives :

1. La photographie comme miroir du réel (mimésis).
2. La photographie comme transformation du réel (du code et de déconstruction)
3. La photographie comme trace d'un réel (de l'index et de la référence)

Nous reprendrons dans les chapitres suivants les éléments principaux avancés par l'auteur sur ces conceptions successives.

### 1.3.1 La photographie comme miroir du réel

Le caractère d'imitation du réel de la photographie est le premier discours qui a accompagné la photographie dès son invention (Dubois, 1983: 23). Dans cette vision, cette capacité mimétique est due

au procédé mécanique et physico-chimique, lors duquel la main de l'homme n'intervient pas. La précision objective de l'objectif (justement) photographique fait apparaître automatiquement une image imitant le réel sur le support sensible. Les progrès réalisés dans le système photographique visent d'ailleurs principalement, dans un premier temps, à améliorer ses performances d'imitation. De cette faculté d'imitation du réel automatique, en ressort un clivage entre science et art opposant l'objectivité de la technique d'un côté et la subjectivité de l'activité et du talent humains de l'autre. La fonction documentaire concrète et objective pour la photographie, la création imaginaire libérée ou non du réel pour l'art (Dubois, 1983: 26). Cette fonction documentaire attachée au résultat automatique et mimétique du réel provoque l'émergence de nombreux usages scientifiques de la photographie au XIX<sup>e</sup> siècle. C'est dans ce contexte historique de clivage entre science technique et art humain et d'usages scientifiques de la photographie que se situe la citation de Reiss introductive de ce chapitre datant de 1903. Celle-ci semble globalement s'intégrer dans ce discours de la mimésis objective du résultat grâce à l'automatisme du processus photographique. Cette faculté d'imitation du réel permet ainsi à la photographie d'être un médium pouvant fonctionner comme mémoire visuelle matérielle.

De manière simplifiée, ce discours sur la photographie comme miroir du réel s'inscrirait principalement dans une perspective d'essence iconique du signe photographique, à savoir sa capacité à reproduire les qualités et les caractères de son référent.

### 1.3.2 La photographie comme transformation du réel (du code et de déconstruction)

En réponse au discours de la ressemblance du XIX<sup>e</sup> s., se met en place au XX<sup>e</sup> s., celui structuraliste de la transformation codée de *l'effet de réel* de la photographie. Selon Dubois, dans ce discours, premièrement, on insiste sur les différences entre la photographie et le réel et ses failles dans sa restitution. Sont avancés les arguments comme la pauvreté du dynamisme photographique par rapport à la réalité, la restitution faussée des couleurs, son caractère bidimensionnel, sa limitation à offrir uniquement une restitution visuelle, sa définition dans le sens de résolution, etc. Deuxièmement, on ne considère plus la photographie comme un langage neutre et transparent par rapport au réel par son automatisme, mais au contraire comme un langage culturellement codé dont la connaissance préalable serait nécessaire à sa compréhension. La photographie est désormais le résultat obtenu par un photographe grâce à des choix de mises en scène, d'expressivités, d'optiques, d'éclairages qui aboutissent à un message conventionnellement codé aussi bien du côté de l'émetteur que du récepteur. Se met donc en place une certaine méfiance quant à la neutralité objective de la photographie. La photographie n'est plus une imitation naturelle, mais est analysée comme un artefact intentionnel et culturellement codé de son auteur. Dans ce discours, la photographie se placerait désormais dans la classe des symboles.

### 1.3.3 La photographie comme trace d'un réel

Le troisième discours, qui est aussi le plus récent et qui fait suite à cette phase de déconstruction structuraliste de l'effet de réel, fait revenir la présence du réel dans l'image, non plus comme reflet mimétique ni comme artefact intentionnel, mais comme trace. Dans ce discours, la photographie n'est plus essentiellement « ressemblante » visuellement à son référent, mais est déterminée par lui. “ *La photographie [...] est un prélèvement direct de réel [...] que la chimie photographique fait apparaître. Ça change tout. Ça change tout quant au sujet de l'énonciation, notamment* ” (Bonitzer, 1976: 31). Il ne s'agit pas de remettre en cause la codification du médium par son auteur pour son récepteur démontré auparavant, mais simplement de redéfinir le lien physique et la présence nécessaire du réel dans la photographie. La photographie atteste de l'existence de son référent, mais ne dit rien directement de sa

signification. Ainsi, sa substance primaire serait plutôt pragmatique, indissociable de son expérience référentielle réelle, plutôt que sémantique, elle n'aurait, comme la trace, pas de sens en elle-même (Dubois, 1983: 70). Le processus photographique nécessite, à un moment donné, une contiguïté physique avec son référent, ce type de discours placerait donc la photographie dans la classe des indices de Peirce. C'est du moins dans cette classe de signe que nous avons d'emblée décidé de faire figurer la photographie, considérée comme image enregistrée, par rapport à d'autres types d'images comme les images graphiques que nous avons principalement placées dans la classe des icônes.

Il faut faire ce choix en gardant à l'esprit la logique hiérarchique de Peirce qui doit nous éviter tout hermétisme catégorique : l'indice implique et repose nécessairement sur l'icône, mais les caractères qu'il partage avec son référent ne sont pas forcément de l'ordre du mimétisme visuel. De manière complémentaire, la loi, l'habitude ou l'acceptation sociale, peuvent faire prendre à son interprétant une signification symbolique sans remettre en cause sa nature indiciaire, car le symbole, hiérarchiquement, nécessite l'indice et l'icône. Nous nous efforcerons donc de ne jamais considérer ce type de signe comme étant parfaitement pur. Nous considérerons donc la photographie comme un ensemble de signes pouvant être iconique, indiciaire ou symbolique dépendant de sur quoi porte le signe considéré.

Les discours théoriques ou idéologiques sur la relation de la photographie au réel ainsi que sa signification ont largement évolué depuis son invention au XIXe siècle. Les débuts de l'utilisation judiciaire de la photographie s'inscrivent donc dans un courant historique empreint du discours de la mimésis. Nous reviendrons sur ces aspects plus en détail dans un chapitre ultérieur lorsque nous nous intéresserons plus particulièrement à la photographie judiciaire et à son développement.

## 2 Le principe de base de la photographie et ses limites

Comme nous venons de le décrire, en inscrivant la photographie dans la classe des indices, nous attribuons à l'image photographique une dimension essentiellement pragmatique. De cet ancrage expérimental de l'existence nécessaire du référent au moment de l'enregistrement, il nous paraît important désormais de détailler la photographie non pas comme un résultat, mais plutôt comme une pratique fondée sur la trace. C'est pourquoi nous parlerons plus en avant du dispositif photographique au moment de l'acte de prise de vue.

### 2.1 Le dispositif photographique

*“ Au départ de la problématique, le cœur du dispositif : la trace. [...] L'image photographique apparaît d'abord, simplement et uniquement, comme une empreinte lumineuse, plus précisément comme la trace, fixée sur un support bidimensionnel sensibilisé par des cristaux d'halogénure d'argent, d'une variation de lumière émise ou réfléchi par des sources situées à distance dans un espace à trois dimensions ”* (Dubois, 1983: 58).

Cette définition minimale du dispositif photographique a le mérite de situer très rapidement ce qui rend l'image photographique différente d'autres types d'images et c'est là son principe de base, *l'arché* de la photographie dira Schaeffer : elle est essentiellement issue d'un enregistrement d'une trace physico-chimique (Schaeffer, 1987: 13). La connaissance par un récepteur de ce principe de base a des conséquences directes sur la lecture qui en est faite : ce dernier la relie de manière conjointe à un réel qui a existé dans un certain passé, le noème du « *ça-a-été* » (Barthes, 1980: 120).

Cette définition plutôt technique possède aussi, à notre sens, des imprécisions ou manques qui peuvent amener à certaines confusions sur le dispositif. Dressons tout d'abord (Figure 10) un inventaire schématique des éléments principaux intervenant dans le processus de production de l'image photographique et de son transfert minimal vers un contexte de réception. Il faut noter dans ce schéma que, par simplification, ce dernier ne reprend qu'une seule situation classique des scénarios de production d'image tels que définis préalablement dans la Figure 2. Nous reprendrons ensuite la plupart de ces éléments en commençant par la trace, notion qu'il nous paraît nécessaire de développer. Les objectifs de cet inventaire sont d'une part de situer précisément les caractéristiques, le moment et l'endroit du principe essentiel de la trace dans le processus. Car partout ailleurs dans ce processus, avant et après, le code culturel impose ses règles (Dubois, 1983: 47). D'autre part, nous avons vu que si la photographie atteste de l'existence de son référent, elle n'est pas forcément lisible (nous parlerons de lisibilité, car le mot possède une connotation de compréhensibilité immédiate et naturelle). En fonction de son type et du signal d'intérêt, il ne sera pas toujours évident pour l'observateur de comprendre et reconnaître le référent et donc encore moins d'en dégager une quelconque signification.

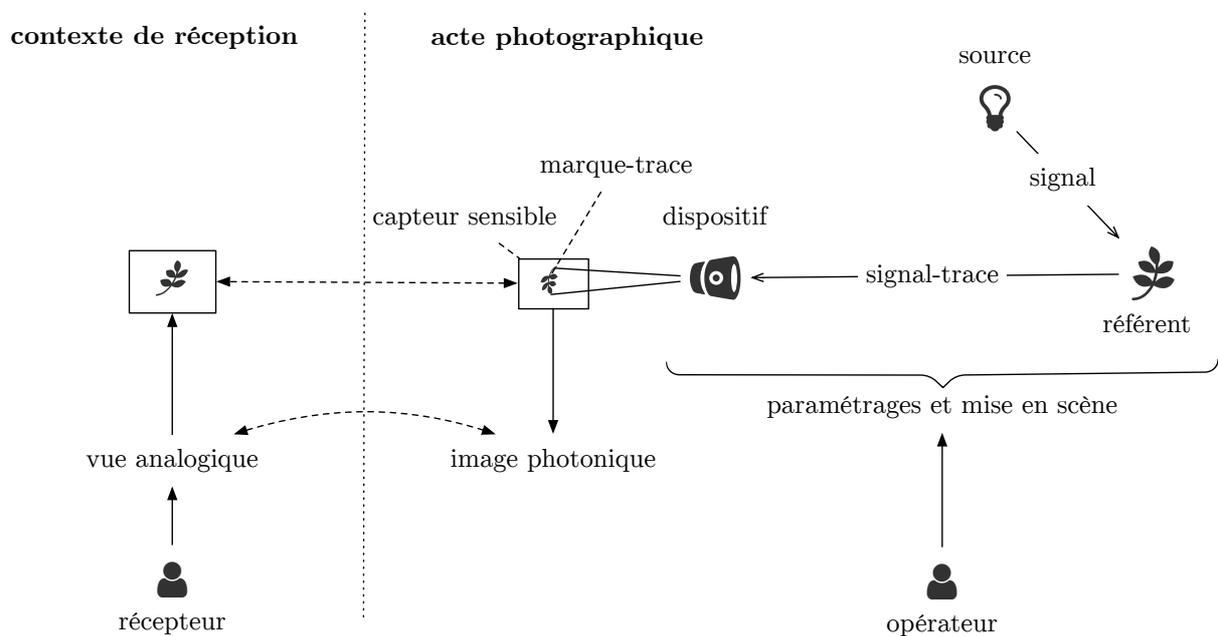


Figure 10 : Les éléments principaux du processus de production de l'image photographique et de son transfert vers la réception.

### 2.1.1 La trace photographique

Margot définit la trace matérielle : “ *Marque, signal ou objet, la trace est un signe apparent (pas toujours visible à l'œil nu). Elle est le vestige d'une présence et/ou d'une action à l'endroit de cette dernière* ” (Margot, 2014: 74).

En remettant cette définition dans la perspective des classes de signes de Peirce définies ci-dessus, Margot définit la trace matérielle comme sinsiigne indiciaire c'est-à-dire que la trace matérielle est un signe qui possède une existence réelle et singulière et qui possède un lien de contiguïté physique avec son référent. En définissant la photographie comme étant un type d'enregistrement d'un signal – trace de quelque chose – il paraît donc raisonnable de classer, comme nous l'avons fait, la photographie dans cette même catégorie de signe.

Cette définition donne à la trace trois matérialités possibles différentes : marque, signal ou objet. Elle ne précise cependant pas certaines conséquences que peut entraîner leur matérialité propre. Cinq caractéristiques interdépendantes induites par la matérialité de la trace portent (1) sur l'existence de la trace indépendamment de la présence simultanée de sa source, (2) sa distance par rapport à la source, (3) sa temporalité, (4) ses caractéristiques propres et (5) si elle implique ou non des méthodes d'enregistrement ou de détection spécifiques.

(1) On ne doute pas que la matérialité de la marque et de l'objet puisse subsister à relativement long terme en l'absence de leur source, il en est très différent de certains signaux une fois émis irréversiblement par leur source. Le signal se déplace très rapidement pour un rayonnement électromagnétique ou plus lentement dans le cas d'une température ou d'une odeur qui subsisteront donc plus longtemps en l'absence de leur source, mais auront une portée moindre. L'émission d'un rayonnement électromagnétique s'arrête et sa longévité est infime dès que sa source n'est plus présente. En fonction de la durée éphémère de son existence, le signal nécessite un enregistrement ou une détection immédiate et simultanée au fait, au risque de l'avoir manqué à jamais. Si l'on considère uniquement la trace-signal électromagnétique qui concerne l'enregistrement photographique, celui-ci devra être véritablement quasi simultané à l'émission et nécessairement en présence de son référent. Tout sera ensuite question de distances (l'observation des planètes lointaines n'est de loin pas simultané à l'émission du signal), mais une fois passé et plus émis par le référent, le signal ne peut plus être détecté ni enregistré.

(2) Contrairement à la trace de semelle sur le sol, ou à la signature, qui nécessite un contact physique à l'endroit de la marque sur son support, la trace photographique nécessite une distance, un éloignement avec son référent. Le signal-trace est arraché du référent comme le serait une projection de sang, mais, contrairement à cette dernière, de manière continue, rectiligne et diffusée plus ou moins dans toutes les directions à partir de l'ensemble de la surface du référent. La distance, courte pour observer le microscopique, moyenne pour l'observation classique et de plus en plus grande pour l'infiniment grand, est donc un élément inhérent à la trace photographique. Cet éloignement implique de facto également un certain angle de réception du signal par rapport au référent. L'angle de vue et la distance ont un impact fondamental sur la vision de ce dernier. Certains auteurs (Soutif, 1991 dans Lauzon, 1998, pp. 75-78) associent cette distance à une forme « d'absence » du référent, car il n'y a pas de « contact » au plus proche de la trace comme pour une signature par exemple qui nécessite le contact avec le document: cette assimilation de distance avec absence nous semble abusive et contradictoire avec la nécessité stricte de la présence du référent à une certaine distance et avec le fait que la trace, le signal électromagnétique, est déterminée aussi par contact, non pas à l'endroit de l'enregistrement même, mais au niveau du référent. Il est cependant vrai que le référent, dès l'acte photographique passé, est rendu *absent* par la perte de la nécessité de la présence physique avec le(s) document(s) photographique(s) généré(s) à partir de cet acte. Il y a ici un glissement : la photographie est un enregistrement d'une marque et doit être prise comme telle : il s'agit donc d'un *objet* indépendant de la marque elle-même : l'image formée sur le capteur. Alors que la signature est la marque (qui nécessite par ailleurs aussi une certaine distance puisque son auteur manipule un instrument pour la réaliser). La nature de ces deux objets est donc différente.

(3) La trace photographique est donc temporellement liée à la présence simultanée du référent. A nouveau, elle se différencie d'autres types de traces par le fait qu'elle est émise en continu irréversiblement par le référent et évolue en permanence en fonction de ce dernier. Chaque « instant » de ce continuum-trace est unique et irrémédiablement éphémère à un endroit donné. Sa détection est donc strictement quasi contemporaine à l'état du référent. Ainsi, la trace photographique s'inscrit uniquement dans le « quasi-présent » du fait. Cette simultanéité n'est pas la seule temporalité à prendre en compte pour l'enregistrement de cette trace, celui-ci nécessite aussi une certaine durée d'exposition. Cette coupe temporelle d'une certaine durée dans le continuum de l'émission de la trace est en tension constante avec l'évolution permanente du signal. Dans ce sens, la photographie instantanée – ayant un

temps d'exposition très court – représente une avancée majeure et indispensable à l'enregistrement non posé des faits et événements et donc non contrôlé par l'opérateur. Les premiers daguerréotypes nécessitaient plusieurs minutes d'exposition et donc d'immobilité du référent pour que ce dernier puisse se fixer sur le support sensible (Reiss, 1903a: 11).

(4) Le signal, vecteur de certaines qualités caractéristiques de sa source individuelle, possède des propriétés propres provenant de sa matérialité même. La lumière a en effet des propriétés physiques de propagation et d'interactions naturelles dépendantes de la composition du signal-trace émis. Ces propriétés propres au signal peuvent plus ou moins modifier le signal émis par le référent. Il s'agira de pouvoir repérer et comprendre ces phénomènes pour en avoir une lecture adéquate ou pour les exploiter dans la création d'un contraste. Nous pensons ici notamment aux couleurs interférentielles, à la polarisation de la lumière, ses propriétés de réfraction, etc.

(5) Contrairement à une marque déposée par contact et figée de manière plus ou moins stable dans le temps sur un support et qui pourra être détectée par la suite, le signal lumineux, pour être exploité comme trace de son référent, nécessite strictement une détection ou un enregistrement simultané à son émission et à une certaine distance sans quoi la trace est perdue à jamais. Dans cette logique, la photographie se rapproche de l'enregistrement des logs informatiques qui enregistrent en continu et de manière simultanée les flux d'activités sur les ordinateurs, les serveurs, les appareils électroniques connectés, etc. Cette simultanéité entre l'enregistrement photographique et le fait référentiel, tout en étant une contrainte et une limite importante, est aussi une opportunité prodigieuse dans le domaine de la sécurité. Il suffit notamment d'observer l'essor incroyable des caméras de surveillance et de leur utilisation comme moyen de détection de délit, d'intervention, de prévention ou d'investigation (Ribaux, 2014: 215). Une autre opportunité inhérente à l'enregistrement simultané concerne de toute évidence la préservation de la trace. A l'inverse d'autres types de traces qui vont subir certaines altérations dues au temps qui passe et aux contaminations (Margot, 2014: 75-76) avant d'être détectées et préservées, l'enregistrement fixe durablement et de manière relativement fiable l'état de la trace pour une exploitation ultérieure.

## Le signal-trace

La *trace photographique* trouve son origine, dans un premier temps, dans le signal électromagnétique issu et déterminé par une source primaire ou secondaire, qui, comme vestige imparfait de celle-ci, la détermine d'une certaine manière en retour. Contrairement à ce que laisserait penser la Figure 10, il faut voir le signal non pas systématiquement concentré dans une seule direction, mais diffusé dans une multitude de directions en fonction du type de contact avec la matière. Pour la photographie et de manière plus large ce que nous entendons dans ce travail comme *image enregistrée*, ce signal prend la forme d'un rayonnement électromagnétique. Cette décision a certaines conséquences comme de ranger l'imagerie électronique (microscopie électronique) ou tout autre signal mécanique (échographie, sismique, etc.) dans la classe des images fabriquées même si elles sont aussi issues d'un enregistrement d'un signal-trace. Nous pourrions aussi nous limiter au spectre visible du rayonnement électromagnétique, mais cette vision nous semble réductrice pour l'usage de la photographie en science forensique qui utilise notamment les rayonnements IR et UV de manière similaire au visible. C'est pourquoi nous considérerons de manière relativement large le spectre électromagnétique pour autant que les interactions en jeu soient suffisamment similaires.

Le signal-trace possède au moins trois composantes : son spectre qui se réfère directement à la composition du signal (répartition et intensité des longueurs d'onde), les caractéristiques intrinsèques des ondes électromagnétiques qui le composent (phase, amplitude, polarité, vitesse, énergie, etc.) et la

composante géométrique de sa propagation. Si ces trois composantes ont leur importance en photographie, celle géométrique deviendra capitale dès la mise en œuvre du dispositif.

Nous pouvons différencier au moins cinq types de signaux électromagnétiques selon leurs interactions avec leur référent. Ces signaux peuvent bien sûr coexister dans une seule et même image.

- Le signal direct de la source ou des sources primaires (scénario 1) qui font office de référent. Dans ce cas, le signal est uniquement déterminé par les sources et par le milieu transparent, l'atmosphère, que traverse le rayonnement entre la source et l'observation. Dans ce type de scénario, nous sommes dans un formalisme de synthèse additive des signaux entre eux.
- Le signal réémis par réflexion au contact de la surface d'un objet (scénario 2). C'est le cas de figure classique en photographie ou en vision humaine courante, il correspond à la vision habituelle de la surface du monde ou des objets. Le signal est issu par réflexion diffuse ou spéculaire à la surface d'un objet où peuvent intervenir d'autres interactions comme l'absorption ou la réfraction d'une partie du signal source. Le signal résultant de la réflexion dépendra à la fois de la source primaire et de la source secondaire à savoir la surface de l'objet dans un formalisme de synthèse soustractive. Le rapport entre la source primaire, l'objet et l'angle d'observation en termes de composition du signal, de teinte, de position, d'orientation, de nombre et la taille des sources, de dureté de la lumière, de distance, de puissance, revêt une importance particulière dans la « mise en scène » établie par le photographe. Tous ces paramètres ont en effet un impact important sur l'observation qui est faite de la scène et indirectement sur le message qui sera éventuellement véhiculé.
- Le signal diffusé par des particules de certaines tailles présentes dans un milieu transparent (le bleu du ciel, les nuages, le brouillard, etc.). Cette observation, sur le plan de la lisibilité pour l'observateur, peut, en fonction de la densité des particules, souvent s'assimiler à la réflexion (scénario 2) bien que différente dans le sens où il n'y a plus vraiment d'effet de surface d'une matière ni d'absorption, ce ne sont que des particules indépendantes les unes des autres qui diffusent certaines longueurs d'onde de la lumière dans certaines directions en fonction de leurs tailles. Cette diffusion de lumière par des particules peut aussi être utilisée dans la mise en scène par le photographe pour rendre le référent moins bien défini, donner un côté mystérieux ou pour signifier la rêverie. Pour ce type de signal, le rapport entre la source primaire et secondaire revêt probablement moins d'importance que pour la réflexion classique. La série de photographie de nuages de Stieglitz peut être un bon exemple de l'observation de ce type de signaux.
- Le signal qui définit les contours d'un référent (sa silhouette). Ce signal correspondra au signal direct de la source primaire de la scène qui est en partie masquée par un objet et qui en déterminera le contour (scénario 3). Ce type d'observation peut aussi être assimilé par extension à la vision nocturne humaine ou lors de fortes différences de luminosité. La vision habituelle de surface laisse la place à la vision moins précise de formes et de silhouettes. Ce type de signal par contours, comme utilisé dans les photogrammes, est souvent moins transparent pour l'observateur, car la question de la technique surgit parfois avant même la perception de l'existence du référent.
- Le signal par transmission au travers du référent. Le signal va donner des informations sur l'intérieur de la matière invisible par la vision de surface habituelle. Il ne s'agit pas simplement d'un signal qui passe au travers d'un milieu transparent comme au travers d'une vitre, mais d'étudier l'impact des caractéristiques de ce milieu plus ou moins transparent sur ce signal pour qu'il devienne trace de ce milieu. Les images provenant de ce type de signal sont peut-être plus difficilement appréhendables pour un observateur non entraîné. Il correspond par exemple aux images radiographiques, les images de contrôle des bagages dans les aéroports, plusieurs éclairages en microscopie, les techniques de double polarisation, etc.

En complément à ces signaux, il faut encore considérer l'ensemble des interactions propres aux rayonnements électromagnétiques et qui peuvent être favorisés par une mise en scène appropriée : utilisation de filtres, de lumière polarisée, de sources lumineuses spécifiques comme des lasers, etc.

L'expérience d'image sensorielle humaine, tout comme la photographie traditionnelle est largement dominée par le signal visible par réflexion ou du moins celui qui porte sur l'enveloppe extérieure (Schaeffer, 1987: 20). Ce type de photographie sera dès lors plus *lisible* pour l'observateur que d'autres types d'images photographiques. Celles-ci, par les interactions particulières, en fonction du type de rayonnement (UV, IR, X, polarisation, etc.) ou par le type de signal (par transmission, etc.), qu'elles mettent en place par rapport à l'habitude sensorielle humaine, nécessiteront plus d'analyse ou plus d'expérience dans leur lecture analogique. Ce sera le cas des radiographies, qui pour en faire une lecture adéquate, nécessite notamment des compétences et des connaissances anatomiques préalables et une forme d'expérience. Nous observons aussi régulièrement certaines difficultés dans la lecture d'images en double polarisation par les étudiants en science forensique. Ceux-ci en ont une lecture qui se réduit à des considérations d'enveloppe extérieures en n'y voyant qu'une hypothétique amélioration de contraste des défauts de la surface du support plutôt que d'y observer des informations structurelles du matériau même.

### Le dispositif (optique) ou la transformation du signal en une marque

Le signal-trace se propage de manière rectiligne, mais, dans la majorité des cas, avec des angles différents. Le dispositif a pour but principal, par un jeu de lentilles, de modifier la direction de propagation des rayons du signal-trace pour en former une image optique réelle enregistrable par une surface sensible et exploitable ultérieurement par un observateur. A l'intérieur du dispositif, par l'utilisation de lentilles notamment, la composante géométrique du rayonnement revêt cette fois une importance capitale dans la transformation du signal diffus émis par le référent en un signal convergent en points images. Le but premier du dispositif, souvent optique, est de transformer le signal-trace diffus en une marque-trace visuelle, matérielle et enregistrable : une image réelle. Le signal-trace serait tout à fait analysable scientifiquement directement en tant que signal concernant notamment sa composition par spectrométrie, mais sa transformation par l'optique géométrique en une marque est indispensable à son utilisation photographique comme trace visuelle d'un réel pour l'homme. Dans certains cas, par transmission (radiographie, planche contact) et par contours (photogramme), le dispositif ne nécessite pas forcément de lentilles pour former cette marque, mais celle-ci n'aura pas d'information sur l'enveloppe externe du référent. Sans marque sous la forme d'une image optique réelle relativement nette à l'endroit du capteur, le signal-trace n'est pas exploitable pour la restitution des formes et des surfaces du référent et ne correspondrait pas à l'expérience habituelle de la vision sensorielle humaine.

Cependant, le dispositif optique lui-même est codé pour correspondre à l'expérience humaine. La forme presque circulaire du diaphragme, comme l'iris de l'œil humain, produisant des points de lumière circulaires ; la focale normale des lentilles calculée en fonction de la diagonale du capteur et qui permet un angle de champ capté semblable à l'angle d'attention de la vision humaine, etc. La focale normale est un bon exemple des codes culturels en relation avec l'expérience humaine mis en place dans la conception et le choix des optiques par l'opérateur. Une focale plus courte à cette focale normale augmente ce champ, exagère les distances, éloigne le référent, augmente la dramaturgie de la scène, l'isolement, voire déforme les objets aux premiers plans.

En photographie, le dispositif fonctionne comme un substitut monoculaire de l'œil – une « simple » lentille convergente – ce qui la rend transparente par rapport à l'expérience de vision humaine. Toutefois, le dispositif peut être bien plus complexe et permettre l'observation macro ou microscopique qui va bien

au-delà des possibilités de l'œil humain rendant parfois bien plus difficile la lecture analogique des images produites.

### 2.1.2 L'opérateur et la mise en scène

Malgré le fait que la photographie fasse partie de la classe des images enregistrées, l'opérateur garde un rôle central et essentiel. Contrairement au peintre ou au dessinateur, de sa main, l'opérateur n'a pas d'impact direct sur la formation de l'image elle-même au moment de l'enregistrement. Son *expertise* est ailleurs. Il intervient dans la phase préparatoire : son action précède toujours l'acte photographique jusqu'à l'instant du déclenchement. Dans cette préparation, l'influence de l'opérateur s'étend du choix de la source primaire, du référent, du moment, du dispositif, du champ capté, des angles de vue, distances et positions, etc. jusqu'aux modes et paramètres d'enregistrement. L'ensemble de ces choix compose et définit la mise en scène. Cette mise en scène peut bien sûr être plus ou moins pensée, anticipée ou travaillée par l'opérateur, mais elle est toujours une résultante des choix de ce dernier. L'opérateur étant un être culturellement et socialement codé, l'ensemble de ses choix de mise en scène sont influencés par ses codes. Ceux-ci auront bien sûr des conséquences sur les dénnotations et connotations de l'image lors de sa réception pour un observateur qui est lui-même, dans un processus circulatoire, culturellement codé par sa propre expérience. Le profil et les compétences de l'opérateur, qu'il soit artiste, scientifique, reporter, publicitaire, etc., joue donc un rôle capital dans l'élaboration de la mise en scène.

Il nous semble important de souligner à ce stade que, par l'importance plus ou moins grande de cette mise en scène, toutes les images ne sont pas équivalentes quant à leur codification. Ainsi, une photographie sur le vif, sans préparation, d'un témoin lambda d'un fait inattendu ne subira pas l'effet d'une codification particulière de la part de l'opérateur si ce n'est celui d'avoir eu l'idée ou le désir même de déclencher l'acte photographique. Ainsi, ces images, par cette absence de mise en scène, auront *a priori* un pouvoir de connotation volontaire relativement faible. A l'opposé de l'image inopinée, sur le vif, la photographie publicitaire résulte d'une mise en scène généralement travaillée et calculée par l'opérateur (ou le publicitaire) en vue d'apporter à ces images des connotations positives par rapport au produit. Les images scientifiques ont parfois elles aussi des mises en scène très travaillées, mais au contraire des images publicitaires qui visent particulièrement la connotation, l'image scientifique se focalise généralement principalement sur le référent. L'image signalétique proposée par Bertillon nécessite une mise en scène, ou plutôt un protocole, très précis, mais celui-ci ne vise pas essentiellement telle ou telle connotation ou signification particulière, mais plutôt une *objectivation* et une *exactitude* de la représentation ainsi qu'une standardisation des conditions pour optimiser la comparabilité et par là, son utilité judiciaire. Les connotations ou significations que peuvent revêtir inévitablement ce genre d'images par la suite sont des conséquences secondaires et pas toujours forcément recherchées par l'opérateur ou, en l'occurrence, par le concepteur du protocole.

Profil de l'opérateur, contexte référentiel, et niveau de préparation sont des éléments majeurs qui ont une influence sur le degré de codification volontaire de la mise en scène de la photographie.

### 2.1.3 L'enregistrement photographique

Nous avons déjà abordé plus haut la distinction parfois étroite entre ce que l'on considère comme une image enregistrée par rapport à une image fabriquée issue de l'enregistrement d'un signal. Avec ce qui précède, nous pouvons désormais reformuler et affiner la délimitation que nous avons proposée de la manière suivante :

- Que l'enregistrement porte non pas directement sur le signal électromagnétique émis par le référent, mais sur la marque-trace formée grâce à ce signal-trace à l'endroit de la surface sensible par un dispositif.

- La marque-trace, c'est-à-dire l'image réelle formée sur la surface sensible, existe, qu'elle soit perceptible ou non, indépendamment de son enregistrement.
- Qu'elle soit issue de l'enregistrement d'une certaine durée d'un seul signal électromagnétique (visible ou non).

Malgré cette délimitation qui place la photographie au cœur des images enregistrées, il faut garder à l'esprit que ces deux classes d'images sont perméables et que toute image enregistrée, ou toute photographie, possède un certain degré de fabrication notamment en fonction de son mode et des paramètres d'enregistrement, du matériel et du dispositif utilisé.

### Particularités de l'enregistrement photographique

En photographie, cet enregistrement consiste à transformer l'énergie photonique du signal-trace formant une image réelle sur une surface en un noircissement de cristaux d'halogénure d'argent sur un négatif ou en un signal électrique amplifié sur un capteur numérique. Cette transformation a lieu relativement indépendamment pour chaque cristal du négatif ou chaque photosite du capteur numérique en fonction de son exposition spécifique aux photons. L'enregistrement photographique est donc :

- Un enregistrement d'amplitude, c'est-à-dire d'intensité du signal. Si l'on veut photographier d'autres caractéristiques du signal que l'amplitude, comme des décalages de phases, il faut transformer ces décalages de phases en différences d'amplitudes préalablement dans le dispositif (photographie en interférométrie). Ces transformations rendent l'identification de l'existant référentiel beaucoup plus difficile.
- Un enregistrement discret : chaque élément sensible qui le compose réagit au signal de manière indépendante. L'échantillonnage, c'est-à-dire le nombre de mesures par unité de surface, dépend directement du nombre d'éléments sensibles, de leur taille et de leur répartition sur la surface. Cette répartition est aléatoire pour les cristaux des négatifs alors qu'elle est totalement organisée selon un motif précis (carré ou en nid d'abeille) pour les capteurs numériques. Il faut remarquer que, quelle que soit l'organisation réelle des photosites sur le capteur numérique, l'image numérique produite a des pixels carrés organisés en lignes et colonnes.
- Un enregistrement quantifié : l'intensité de la lumière est traduite par un niveau de gris correspondant soit de manière continue sur les cristaux soit de manière discrète en fonction du nombre de niveaux de quantifications numériques disponibles selon le format de l'image. La qualité, la sensibilité, la capacité de cette quantification dépendent notamment de la taille des cristaux ou alors, pour les photosites numériques, de leur capacité à emmagasiner de l'énergie (taille de leur réservoir ou full-well), du niveau d'amplification du signal photonique en signal électronique et encore du nombre de transistors par photosite. De cette capacité à quantifier différemment des intensités lumineuses résultent le rapport signal-bruit et le dynamisme de l'image.

### Les surfaces photosensibles d'enregistrement

Pour qu'il y ait photographie, il faut l'enregistrement d'une image réelle formée sur une surface. Ainsi, c'est avant tout la chimie qui est à la base de la photographie avec la mise au point d'un procédé chimique pour premièrement photo-sensibiliser une surface qui se traduit par un noircissement progressif des zones exposées puis deuxièmement insensibiliser cette même surface pour fixer durablement les différences de noircissement obtenues des zones exposées et non exposées. Même si le processus de noircissement du nitrate d'argent était connu dès le Moyen-âge, la première photographie a été réalisée par Nicéphore Niépce en 1824 (Fumey, 2010: 169). S'ensuivit une succession rapide d'inventions sur les procédés de sensibilisation et d'insensibilisation, le daguerréotype en 1835 ; sur l'amélioration de la

rapidité, le collodium humide en 1851 permettant des expositions de quelques secondes contre plusieurs minutes pour la daguerréotypie ; sur la mise au point du concept de négatif-positif initié par Talbot avec le Calotype en 1840 permettant la reproduction de plusieurs épreuves ; sur l'augmentation de la sensibilité spectrale dès 1873 ; sur la simplification des procédés par Maddox dès 1871 avec l'utilisation de gélatine comme liant supportant la fabrication des plaques à l'avance puis la création des bobines de pellicules en nitrocellulose par la Eastmann Kodak Company dès 1889 qui rendit accessible la photographie à un très large public ; sur la restitution des couleurs avec l'invention de l'Autochrome des frères Lumière en 1904 puis le Kodachrome dès 1934 pour une popularisation à partir de 1970 (Fumey, 2010: 171).

Après la photographie argentique caractérisée par le noircissement des cristaux exposés, la photographie numérique apparaît dès 1969 avec l'invention du capteur CCD (Charge Coupled Device) puis le capteur CMOS (Complimentary Metal Oxyde Semiconductor) dès 1990 transformant cette fois l'intensité lumineuse en signal électrique amplifié et quantifié en valeurs numériques binaires correspondant à des niveaux de gris. Il n'y a donc plus de « négatif » dans le sens où les endroits qui sont exposés à la lumière sont directement quantifiés en clair et non plus noircis comme sur le négatif. Dès les années 1990, le numérique gagne du terrain sur le marché des appareils photographiques par rapport à l'argentique grâce notamment à l'augmentation de la résolution des capteurs et aux progrès et à la popularisation rapide de l'informatique. Le premier reflex numérique professionnel sort en 1991 avec le Kodak DC 100. Dès les années 2007, cette évolution explose notamment avec l'apparition des smartphones tactiles équipés de capteurs CMOS de plus en plus performants jusqu'à être présents en permanence dans la poche d'une grande partie de la population mondiale actuelle.

Au-delà de l'effervescence créatrice pour la mise au point de ces surfaces sensibles que met en avant ce bref survol historique, celles-ci ont certaines caractéristiques qui influencent largement l'enregistrement photonique puis la vue analogique qui en sera faite par un observateur.

#### La sensibilité et les indices de sensibilité

La sensibilité par le noircissement est la réponse photographique à une lumination. Celle-ci est exprimée selon des indices qui suivent des normes comme le système ISO encore utilisé. La sensibilité d'une émulsion dépend de la taille des cristaux d'halogénure d'argent. Les films lents ou peu sensibles ont des grains de petite taille qui nécessitent donc une grande lumination. Ces films lents ont par contre un bon contraste, car la taille des grains est très homogène contrairement aux films rapides. D'autre part, la granulation de l'émulsion étant plus fine et plus homogène, le pouvoir résolvant du film, c'est-à-dire le nombre de traits séparables par mm, est meilleur que les films de haute sensibilité. Ainsi, pour ces derniers, les grains sont très vite apparents et détériorent rapidement la finesse de l'image (Fumey, 2010: 183; Bouillot, 2001: 76-79).

Même si les mêmes indices sont utilisés pour des capteurs numériques, le fonctionnement n'est pas tout à fait le même (Bouillot, 2009: 192). En effet, pour un capteur numérique, la sensibilité ISO est variable à l'amplification du signal qui peut être augmenté ou diminué en fonction de la réponse photographique souhaitée à une luminance. Ce réglage d'amplification aura un impact sur le bruit, le contraste et le piqué de l'image. Cependant, précédant l'amplification, la taille des photosites sur le capteur joue un rôle déterminant dans le rapport signal/bruit d'un capteur numérique : un grand photosite, à même luminance, recevra toujours plus d'énergie lumineuse qu'un plus petit. Ainsi, un grand capteur à 24 millions de photosites aura toujours une plus grande sensibilité et une plus grande étendue dynamique entre les hautes et basses lumières qu'un capteur plus petit ayant autant de photosites plus petits.

La sensibilité ISO influence donc principalement la lumination générale nécessaire à la capture tout en ayant des conséquences sur le rendu de l'image concernant son contraste et sa finesse de restitution de détails.

### La sensibilité spectrale

La sensibilité spectrale est la réponse photographique aux différentes longueurs d'onde du spectre électromagnétique. Un film classique au bromure d'argent n'est sensible qu'aux longueurs d'ondes courtes ultraviolettes jusqu'aux bleues. Ainsi, la restitution photographique pour un sujet coloré rouge ne renvoyant aucune lumière bleue est nulle pour ce type de film. Il a donc fallu étendre la sensibilité spectrale de ces films en ajoutant des colorants sensibilisateurs chromatiques pour améliorer la restitution des niveaux de densité par rapport à la perception humaine. Les émulsions orthochromatiques utilisent des sensibilisateurs chromatiques, mais restent insensibles à la lumière rouge dont la restitution sera donc très sombre. Les films panchromatiques sont eux sensibles jusqu'à 700 nanomètres pour couvrir l'ensemble du spectre.

La sensibilité spectrale des capteurs numériques est à nouveau un peu différente des films. La sensibilité s'étend largement dans l'infrarouge et elle est plus fiable vers les courtes longueurs d'onde. La connaissance de la sensibilité spectrale de leur capteur laisse la possibilité aux fabricants de corriger ces différences mathématiquement post-exposition.

L'influence de la sensibilité spectrale est majeure, car en dépendent notamment la restitution en valeurs de gris des différentes couleurs par rapport à la perception de l'œil humain et la sensibilité à certaines sources de lumière (Fumey, 2010: 185). Certaines plaques à sensibilité spectrale différente de l'œil humain permettaient au XIX<sup>e</sup> de détecter certaines pathologies sur des portraits sous la forme de taches invisibles à l'œil nu, mais visibles sur la plaque photographique (Reiss, 1903a: 91-92). Ces taches visibles sur la plaque avaient d'ailleurs été interprétées dans un premier temps comme un problème de la plaque sensible. Ce n'est qu'une fois les symptômes de la maladie définitivement visibles que la signification de cette détection a pu être comprise.

### L'enregistrement de la couleur

La photographie s'est longtemps limitée à un enregistrement monochrome malgré la volonté précoce de Niépce de « *fixer les couleurs* » (Fumey, 2010: 237). Maxwell (1861) réalisa une première image couleur par synthèse additive de trois négatifs exposés derrière des filtres respectivement bleu, vert et rouge. Après inversion des négatifs, l'image en couleur était obtenue par la projection des trois négatifs inversés au travers des mêmes filtres ayant servi à leur sélection. Par synthèse additive des trois négatifs inversés filtrés, on obtenait une image couleur. L'idée était de s'appuyer sur le fonctionnement physiologique de l'œil humain caractérisé par ses trois types de cônes sensibles sélectivement au bleu vert et rouge pour reproduire l'ensemble des couleurs visibles.

En 1868, Ducos du Hauron, mit au point un système basé cette fois sur la synthèse soustractive. A la place d'inverser les trois négatifs correspondant à chaque couleur bleu vert et rouge, il réalisa des tirages colorés avec la couleur complémentaire du filtre à savoir en jaune pour le filtre bleu, en magenta pour le vert et en cyan pour le rouge qu'il superpose pour former l'image couleur.

Sur la base des travaux en synthèse additive de Maxwell, puis en synthèse soustractive de Ducos du Hauron, les frères Lumière mirent au point l'Autochrome qui enregistrait la couleur grâce à la présence des milliers de petits filtres colorés (rouge vert et bleu) de féculs de pomme de terre par cm<sup>2</sup>, en 1904. La couleur était dès lors restituée grâce à la juxtaposition de milliers de points colorés.

C'est respectivement durant les années 1934 à 1939 que sont inventées les premières diapositives couleur avec le Kodachrome puis le négatif couleur, l'Agfachrome. Il faudra cependant attendre les années 70 pour que les diapositives et les négatifs couleur soient popularisés. Les négatifs couleur fonctionnent avec une superposition de trois couches sensibles spécifiquement à certaines longueurs d'onde correspondant au bleu, au vert et au rouge. Chaque couche possède aussi des substances, les coupleurs, qui réagissent

avec les produits d'oxydation et qui produisent des colorants de couleur complémentaire à la sensibilité de la couche. Ainsi, aux endroits où la couche a réagi à la lumière se forment aussi des colorants complémentaires. Les négatifs utilisent donc en une seule capture et en un seul procédé de développement le système de sélection par synthèse additive des couleurs de Maxwell et celui soustractif de Ducos du Hauron pour leur restitution.

Pour les capteurs numériques, c'est plutôt le procédé de l'Autochrome des frères Lumière qui s'est imposé pour le processus de sélection. La majorité des capteurs numériques sont équipés de filtres colorés au-dessus de chaque photosite. Ces filtres de sélection colorés bleus, verts et rouges sont organisés selon un certain motif, généralement celui de Bayer. Avec cette sélection, chaque pixel ne capte l'énergie que de certaines longueurs d'onde correspondant au filtre. La couleur n'est, par contre, plus obtenue par juxtaposition des couleurs comme dans l'Autochrome. Chaque pixel est quantifié sur trois couches RVB (rouge-vert-bleu) par des calculs mathématiques de dématricage en tenant compte des niveaux de quantification des pixels voisins qui contiennent les informations colorimétriques partielles des autres couleurs. Ensuite, la couleur de chaque pixel est restituée par synthèse additive des trois couches RVB calculées. Les niveaux de quantification étant directement « positifs », aucun processus d'inversion du négatif ou de recours à des couleurs complémentaires n'est nécessaire en photographie numérique.

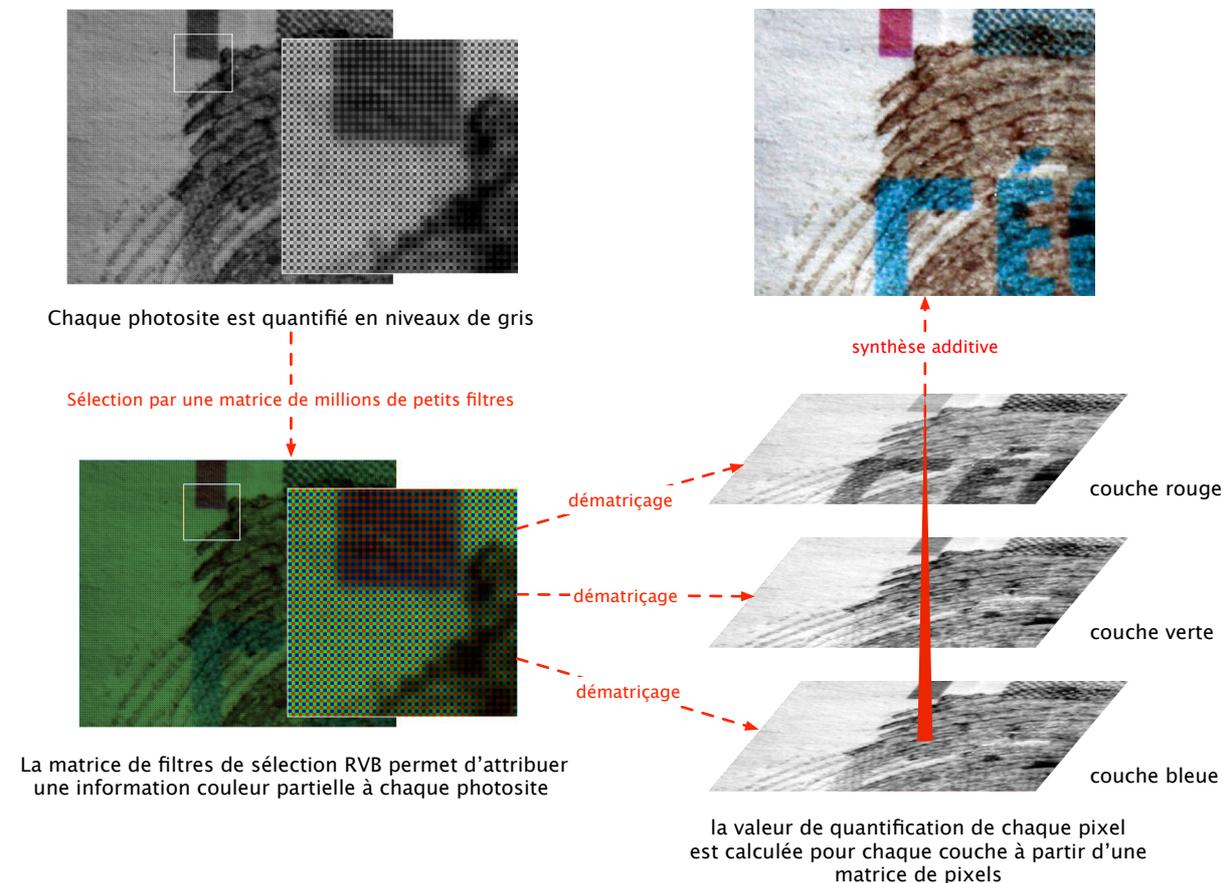


Figure 11 : Processus de sélection des couleurs et leur restitution pour les capteurs numériques.

### Les formats de capteurs

Le format des surfaces sensibles est très important dans la perception de la scène enregistrée et est en relation étroite avec le système optique. A chaque format doit être associé un système optique capable

notamment de contenir l'ensemble du format dans le cercle de pleine lumière de l'image projetée. La diagonale du capteur sert aussi à déterminer la notion de focale normale permettant une restitution de la scène comparable à celle de la vision humaine moyenne en ce qui concerne le champ capté. C'est dans des conditions de focale normale que l'observateur pourra apprécier le plus naturellement et correctement les distances et les tailles des éléments de la scène par rapport au point de vue. Si les conditions optiques s'éloignent trop de la focale normale dépendante de la taille du capteur, il en résultera une tendance à l'exagération des distances et la sous-estimation de la taille des entités avec des longueurs focales plus courtes et inversement avec des focales plus longues.

Malgré la standardisation des formats liée à l'industrialisation de leur fabrication, de nombreux formats ont coexisté dont certains sont encore utilisés pour des usages particuliers notamment avec des chambres techniques. Au fil de l'évolution technologique des appareils photographiques, les formats ont eu tendance à être de plus en plus petits pour répondre aux besoins de maniabilité et de miniaturisation imposés par les dispositifs jusqu'aux smartphones actuels. Il est d'usage de grouper tous ces formats différents en catégories en fonction de leur taille (Ait Kaci Ali, 2019; Drouet, 2016; Fumey, 2010: 77-81) :

- Les grands formats (à partir du 4x5 in, généralement en feuilles) : ils sont issus des anciennes chambres photographiques et sont encore utilisés avec les chambres techniques pour des travaux nécessitant une grande résolution.
- Les moyens formats (à partir du 4.5x6 cm en bobines) : Ils sont apparus dès 1888 avec la caméra Box Kodak. Ce format s'est imposé à l'époque pour la photographie de reportage grâce à la portabilité du dispositif.
- Le petit format qui devient par la suite le plein format (24x36 mm en cartouches) : Le format va être imposé dès 1924 avec la commercialisation du premier Leica et avec l'amélioration de la qualité des émulsions nécessaire à la réduction du format. Les premiers pleins formats numériques sont apparus après les années 2000 soit environ 10 ans après le Kodak DCS 100 à 1.3Mpx qui avait un format plus petit.
- Le format APS (Advanced Photo System), APS-C et plus petit : ce format apparut vers 1996 ne s'est jamais vraiment imposé sous la forme de pellicules argentiques. Par contre, ce format s'est largement répandu dès l'invention des premiers appareils photo numériques (APN). Il est encore très utilisé dans les APN grand public actuels. Ces nouveaux formats dédiés à la photographie numérique ont nécessité la mise au point d'optiques adaptées et spécifiques à ce format de capteur.
- Le format miniaturisé (1/2 in à 1/3 in, voire encore plus petits) : faisant suite au processus initié par Apple dès 2007 en équipant son premier iPhone avec un appareil photographique intégré, ces formats équipent désormais l'ensemble des smartphones actuels (Ait Kaci Ali, 2019; Drouet, 2016). Ce format miniaturisé nécessite des optiques grand-angle.

### Les modes principaux d'enregistrement

Ce qui caractérise encore plus la photographie comme image enregistrée, c'est son mode d'enregistrement. En effet, l'image optique est capturée en un signal continu sur l'ensemble de la surface sensible durant une période limitée : sa durée d'exposition. Ce mode d'enregistrement du signal n'est pas le seul possible. En ce qui concerne les images réelles optiques, nous pouvons considérer au moins trois modes d'enregistrement de base :

- L'enregistrement photographique ou vidéo tel que nous venons de le décrire. A nouveau, c'est le mode d'enregistrement qui correspond le mieux à l'image sensorielle.

- L'enregistrement par balayage. Dans ce cas, il n'y a plus de « surface » sensible, mais plutôt une simple ligne sensible fixe ou amovible. Un balayage de la scène est nécessaire, soit par la ligne sensible comme dans le fonctionnement des scanners classiques, de la camera 360° Spheron vr™ soit par la scène elle-même comme dans le cas des caméras périphériques de projectiles du système Evofinder. Contrairement à l'enregistrement photographique dont la durée d'exposition est limitée principalement par la sensibilité du capteur ou la luminance de la scène, le balayage nécessite une durée d'acquisition propre supplémentaire. Par exemple, le balayage à 360° du Spheron vr™ nécessite environ 15 minutes d'acquisition à qualité maximum.
- L'enregistrement partiel, qu'il soit spatial (stitching), temporel (exposition multiple), ou d'éclairage (éclairages partiels successifs). Il s'agit ici du même fonctionnement que le premier mode, mais il est nécessaire d'assembler ou de cumuler plusieurs captures ou plusieurs éclairages successifs différents pour produire l'image finale. Strictement, ce troisième mode d'enregistrement sort de notre définition d'image enregistrée, car sa production n'est pas issue d'un seul signal électromagnétique, mais de plusieurs. En effet, dans ce mode d'enregistrement, il est tout à fait possible en une seule capture de cumuler par exemple plusieurs fois un même référent à des endroits différents de l'image. Cette situation fait potentiellement perdre à l'image produite son statut référentiel à *un seul* réel appartenant au passé.

## L'enrichissement des modes d'enregistrement avec le numérique et les nouvelles technologies

Ces trois modes d'enregistrement classiques sont quelque peu bousculés ces dernières années grâce aux technologies qui permettent de rendre l'enregistrement encore plus élastique qu'auparavant.

Dès le développement du numérique, les possibilités et les outils de contrôle et d'amélioration de la qualité de l'image juste après la capture sont apparus (écrans à l'arrière des caméras, histogrammes, etc.). Ces possibilités de contrôle et de modification se sont ensuite même déplacées et peuvent désormais précéder la capture. Cette capture peut aussi être pilotée à distance depuis un ordinateur avec des applications de plus en plus perfectionnées. A l'ère moderne, l'incertitude et l'attente autour de la découverte du résultat de l'acte photographique n'existent plus, elles ont fait place au contrôle immédiat, voire prédictif, de l'image.

En parallèle, avec les perfectionnements des capteurs, notamment leur rapidité, et des formats de fichiers numériques, les signaux tendent à pouvoir se cumuler dans un seul et même acte :

- Le bracketing qui permettait de réaliser des expositions multiples rapidement d'une même scène se mue en images HDR (High Dynamic Range) qui cumulent l'information de plusieurs captures successives en une seule et même image résultante. Cette image HDR permet ainsi d'avoir des détails aussi bien dans les hautes que les basses lumières de manière statique dans une image numérique classique et imprimable, ou dynamique, simulant le pouvoir d'accommodation de l'œil humain à la luminosité (format d'image HDR dynamique du Spheron vr™).
- Le cadrage rectangulaire qui déterminait la vue analogique enregistrée s'élargit et se flexibilise. Les techniques d'assemblage d'images pour réaliser des panoramas se sont non seulement développées en postproduction, mais sont désormais des fonctionnalités logicielles intégrées à l'acte d'enregistrement photographique même.
- Les images statiques et animées se mélangent avec la technologie « 5K » qui permet pour chaque capture, de filmer un moment d'une scène pour pouvoir en extraire l'instant T le plus intéressant *a posteriori* ou simplement d'en faire des images animées.

- La mise au point préalable à chaque image devient accessoire avec la technologie des caméras plénoptiques qui permettent une mise au point logicielle dynamique *a posteriori* grâce à un jeu complexe de microlentilles avant le capteur.
- Les systèmes multi capteurs qui équipent désormais les smartphones modernes permettent notamment de profiter de la parallaxe pour déterminer les distances des référents et ainsi d'appliquer des traitements numériques adaptés au mode de prise de vue choisi. Le flou de l'arrière-plan du mode « portrait » n'est plus un flou optique de profondeur de champ, mais un flou calculé à l'aide de l'intelligence artificielle. La photographie numérique évolue vers des systèmes mathématiques favorisant la fabrication photographique plutôt que son simple enregistrement.
- A l'avenir, avec les développements de l'intelligence artificielle, on peut imaginer, vu l'importance et l'omniprésence des images dans notre société, que les capteurs photographiques en profiteront aussi de plus en plus. Une des voies possibles d'amélioration serait, par exemple, l'exposition intelligente et différenciée de la surface sensible. A l'heure actuelle, l'exposition se contrôle uniquement de manière uniforme sur l'entièreté du capteur. Ce mode uniforme d'exposition pourrait être amené à évoluer dans un proche avenir en proposant des analyses du signal intelligentes de manière simultanée à l'enregistrement. Une autre voie possible concerne l'enrichissement quasi simultané de couches d'informations de réalités augmentées directement sur l'image grâce à l'analyse connectée à de larges banques de données (Big Data).

### La coupe temporelle de l'enregistrement et l'isolation du signal-trace

Nous avons vu que l'enregistrement est une coupe temporelle prise dans le flux continu d'un signal-trace qui évolue en permanence en fonction du référent. Ainsi, comparée à d'autres types de trace comme celle de semelle sur le sol qui, une fois formée, peut subir certaines altérations et pollutions au fil du temps sur une période relativement longue, la trace photographique évolue irrémédiablement à chaque instant. Potentiellement, la trace n'est instantanément plus du tout la même en fonction de la rapidité de l'évolution du référent. Dans ce cadre, nous avons déjà défini l'enregistrement comme moyen indispensable de préservation de la trace. Il est aussi nécessaire d'insister sur l'importance primordiale de la durée d'enregistrement dans ce processus. En effet, l'évolution immédiate et continue du signal nécessite, pour garantir au mieux sa préservation et son isolation, une durée d'exposition la plus courte possible. “ *L'image-acte photographique interrompt, arrête, fixe, immobilise, détache, décolle la durée, en n'en saisissant qu'un seul instant* ” (Dubois, 1983: 153). Plus la coupe temporelle de l'enregistrement sera fine, plus celle-ci isolera et définira un état spécifique, un instant, de la trace électromagnétique. Ainsi, nous pouvons définir l'instantanéité de l'exposition – la finesse de la coupe temporelle – comme moyen d'éviter les contaminations de différents états de signaux entre eux (bougé), et l'enregistrement proprement dit comme moyen de préservation du signal capté : la fonction d'isolation du signal pour le temps de pose, celle de la préservation pour l'enregistrement lui-même. Il ne faut pas voir cette posture qui met en avant les enregistrements instantanés par rapport aux autres comme un jugement de valeur, mais comme une faculté de ceux-ci d'isoler et ne figer qu'un *seul* état d'un signal-trace évolutif. L'importance de cette instantanéité devient toute relative lorsque le signal est stable. Ce sera le cas pour les enregistrements qui se réalisent dans des conditions fixes avec un référent immobile et dont l'émission est stable.

De plus, cette coupe temporelle doit encore répondre à une autre exigence qui en dépend largement : celle de l'optimisation de la reproduction du contraste et de la plage dynamique du signal. S'il est nécessaire d'isoler le signal, il l'est aussi d'en tirer parti au maximum. C'est ici tout le domaine de la photométrie et de la sensitométrie qui opère. D'un côté, les luminances de la scène et de l'autre, leur retranscription en densités sur le film ou en niveaux de quantification pour les capteurs numériques. Le

contraste d'une scène est défini comme " le rapport entre la luminance des ombres dans lesquelles on veut encore percevoir des détails et la luminance des hautes lumières diffuses dans lesquelles on veut encore percevoir des détails " (Fumey, 2010: 145). Il est exprimé généralement en nombre de diaphragmes ou en indices d'illumination IL. La plage dynamique est une notion proche du contraste et correspond non plus au rapport de luminances entre les extrêmes, mais comme l'étendue de ces luminances entre ces mêmes extrêmes d'ombres et de hautes lumières. Il faut bien distinguer d'une part le contraste sujet, qui représente le rapport des luminances de la scène et donc celui du signal, et d'autre part, la reproduction de ce contraste de luminances en niveaux de quantifications limitées par les capacités du dispositif d'enregistrement ou de vision. En effet, un film possède dans sa courbe caractéristique un seuil et un sommet en deçà et au-delà desquels aucun détail ne sera visible (voir Figure 13). Le même principe s'applique pour un capteur numérique : la limitation intrinsèque provient du seuil du rapport signal/bruit de fond pour les ombres et la saturation du photosite pour les hautes lumières. L'œil humain est par exemple capable de discerner simultanément une plage dynamique d'un contraste d'une scène d'environ 13 à 14 IL (Fumey, 2010: 144). Les capteurs photographiques numériques actuels sont désormais aussi capables d'enregistrer une plage dynamique équivalente autour de 14 IL (DxOMark, 2017) alors qu'on en restait encore à autour de 9 IL, jusqu'à récemment. Cependant, une grande différence entre l'œil humain et un capteur numérique demeure en sa capacité d'accommodation et de mémorisation de la luminosité qui lui permet de balayer et couvrir des contrastes bien plus importants à plus de 22 IL (Figure 12).

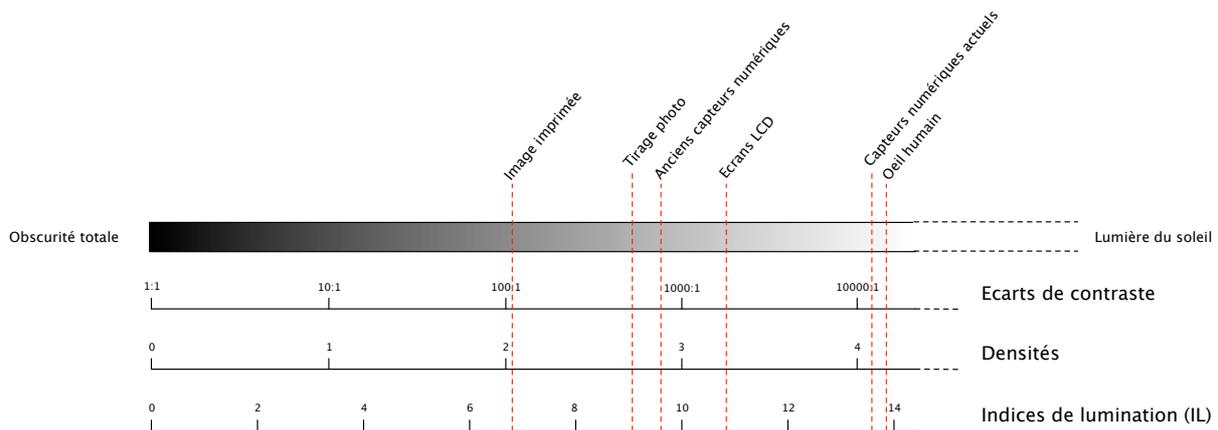


Figure 12 : Comparaison des plages dynamiques et contrastes maximums supportés par l'œil et par certains dispositifs d'enregistrement et de restitution. Les valeurs des différents dispositifs sont indicatives (source: Metz, 2017). Le schéma ne tient pas compte du pouvoir d'accommodation de l'œil humain lorsqu'il s'accommode aux luminosités différentes.

En plus des seuils de sensibilité aux luminances du capteur, il faut encore tenir compte de la transposition et de la compression des valeurs de luminance du signal lors du processus de quantification. En effet, la quantification des niveaux de gris de l'image n'est pas uniforme par rapport à la luminance du signal ce qui provoque une compression plus ou moins grande de certaines plages de luminances, et qui aboutissent forcément à une réduction de contraste par rapport aux luminances de la scène (Figure 13). Il ne faut pas forcément voir ce phénomène de réduction comme une faiblesse du capteur par rapport à la richesse du signal, car cette compression des luminances permet aussi un ajustement du rendu pour le faire correspondre à la perception humaine.

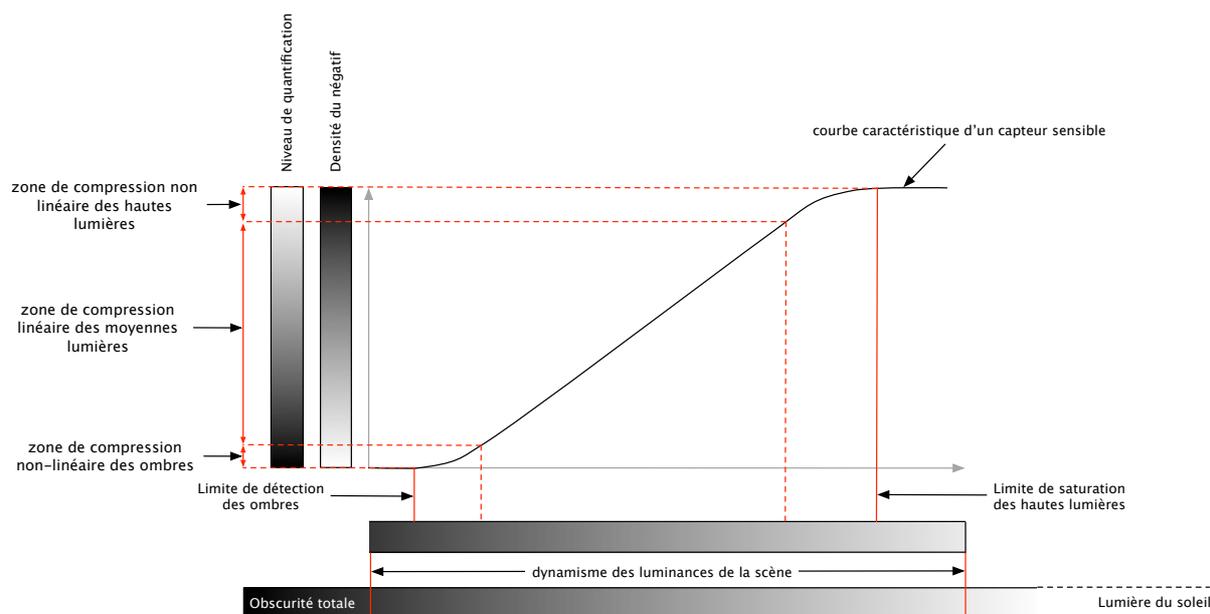


Figure 13 : Limites de détection et zones de compression des luminances de la scène par un capteur sensible selon sa courbe caractéristique. Nous observons simultanément une transposition et une compression des luminances réelles en densités ou en niveaux de quantification qui aboutissent d'un côté, par la transposition, à une potentielle augmentation de contraste global (différence entre hautes lumières et ombres) et de l'autre, par la compression, à des pertes de contraste local (différences entre des luminances proches).

La plage dynamique maximale qu'un capteur est capable d'enregistrer dépend de sa conception, mais aussi des réglages de l'opérateur en fonction des luminances de la scène. La coupe temporelle doit ainsi correspondre à un temps d'exposition adéquat aux luminances d'un signal donné. Ce temps d'exposition correct est atteint lorsque les détails à obtenir dans les ombres du signal sont au-dessus du seuil de sensibilité signal/bruit du capteur numérique ou dans le pied de la courbe caractéristique du négatif (Figure 13). Il faudra ensuite contrôler le contraste du sujet dans les hautes lumières pour tenter d'éviter la saturation des lumières. Idéalement, la coupe temporelle devrait donc être aussi courte que possible tout en permettant l'enregistrement d'une plage dynamique la plus étendue possible par rapport à celle du signal-trace. Le signal-trace est alors isolé et la globalité de son contraste de luminances transposé en densités ou en niveaux de quantification.

### La coupe spatiale de l'enregistrement et l'isolation du référent

L'enregistrement photographique classique, par la taille et la forme de la surface sensible, nécessite un cadrage qui impose dès lors un champ capté et un hors champ. En jouant notamment sur la taille du capteur, la longueur du balayage, les focales des optiques utilisées, la distance au référent, etc., il est possible de faire varier ce champ capté de l'infiniment grand au microscopique. Ce champ capté, choix de l'opérateur dans sa mise en scène et dépendant du dispositif, déterminera donc ce qui sera visible du référent dans l'image. A contrario, le hors champ, parfois tout aussi important, mais inaccessible au récepteur, sera laissé à l'imagination de ce dernier. C'est exactement la situation du journaliste Mikael Blomqvist dans le roman *Millenium* (Larsson, 2006) : c'est en observant le visage effrayé de Harriet Vanger sur une photographie en train de regarder quelque chose hors champ, qu'il va faire une avancée majeure dans son enquête en se posant simplement la question : qu'est-ce qui a pu l'effrayer pareillement ?

Ainsi, par ce choix de cadrage, l'opérateur coupe plus ou moins intentionnellement l'espace référentiel. Plus ce cadrage est serré, plus il isolera le référent. Plus cette intention est précise, plus l'opérateur indique, montre, désigne ou pointe – *ici, là, regardez : il y a quelque chose à voir* –.

Une fois de plus, la coupe spatiale n'est pas seulement simplement l'affaire des dimensions de la surface sensible et du champ capté, c'est aussi celle de la géométrie et de la construction optique de l'image. Aux deux dimensions de surface délimitant le champ capté s'ajoute la troisième : la profondeur. Même s'il est vrai que le capteur et la photographie sont des médiums à deux dimensions, l'image réelle qui s'enregistre sur le capteur ne l'est pas. Premièrement, elle porte en elle toutes les informations de perspective régies par les lois de la physique optique. Le rendu naturel des perspectives par les lois de l'optique permet la restitution de la profondeur de la scène référentielle sur la surface au même titre que les règles humaines construites de la perspective linéaire développées à la Renaissance. Cette restitution optique de la profondeur par la perspective est à la base des techniques de détermination géométrique précises des distances *a posteriori* comme la photographie métrique. Cette technique photographique était déjà utilisée par Bertillon à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Cette technique géométrique se développa ensuite pour donner les techniques actuelles de photogrammétrie, de stéréophotogrammétrie et de reconstruction 3D. Deuxièmement, la surface sensible se situe dans un plan spécifique de « *l'espace tridimensionnel image* », à une certaine distance précise du centre optique. L'ensemble des rayons issus de la scène en 3D ne sont pas focalisés précisément sur cette surface : certains plans objets sont focalisés avant, d'autres après, formant tous deux non plus des points de lumière précis sur cette surface, mais des taches floues plus ou moins grandes et diffuses. Interviennent ici notamment les notions de plans focaux secondaires et de tolérance de netteté qui aboutissent à la détermination de la profondeur de champ de l'image. « *La profondeur de champ est l'épaisseur de la « tranche » de part et d'autre du plan objet à l'intérieur de laquelle les points-objets sont reproduits par des taches floues dont le diamètre n'excède pas la tolérance de netteté. Ces taches seront donc perçues comme nettes sur le positif agrandi regardé à une distance égale à sa diagonale* » (Fumey, 2010: 57). Cette profondeur de champ dépend principalement de la focale de l'objectif utilisé, de la distance à l'objet, du plan de mise au point, du diaphragme, du format et du facteur d'agrandissement. C'est avec la détermination de la profondeur de champ de l'image que l'opérateur pourra *isoler* le référent aussi dans la profondeur de l'objet rendant les plans avant et après de plus en plus flous et indéfinis.

Ainsi, la coupe spatiale de l'enregistrement peut être schématisée comme dans la Figure 14 avec premièrement le champ capté dans le continuum de l'espace de la scène et deuxièmement les éléments de profondeur : la perspective optique et la profondeur de champ. Champ capté, restitution de la perspective et profondeur de champ sont liés à la focale de l'objectif à une certaine distance de l'objet. Le pouvoir d'isolation du référent par le cadrage – le champ capté (surface) de la tranche – et par la profondeur de champ (épaisseur de la tranche) étant d'autant plus fort que la focale de l'optique augmente. La restitution de la perspective découle directement de la notion de focale normale. Plus courte, la perspective est amplifiée et exagère la profondeur par rapport à l'expérience humaine ; plus longue, elle est diminuée et écrase cette dernière.

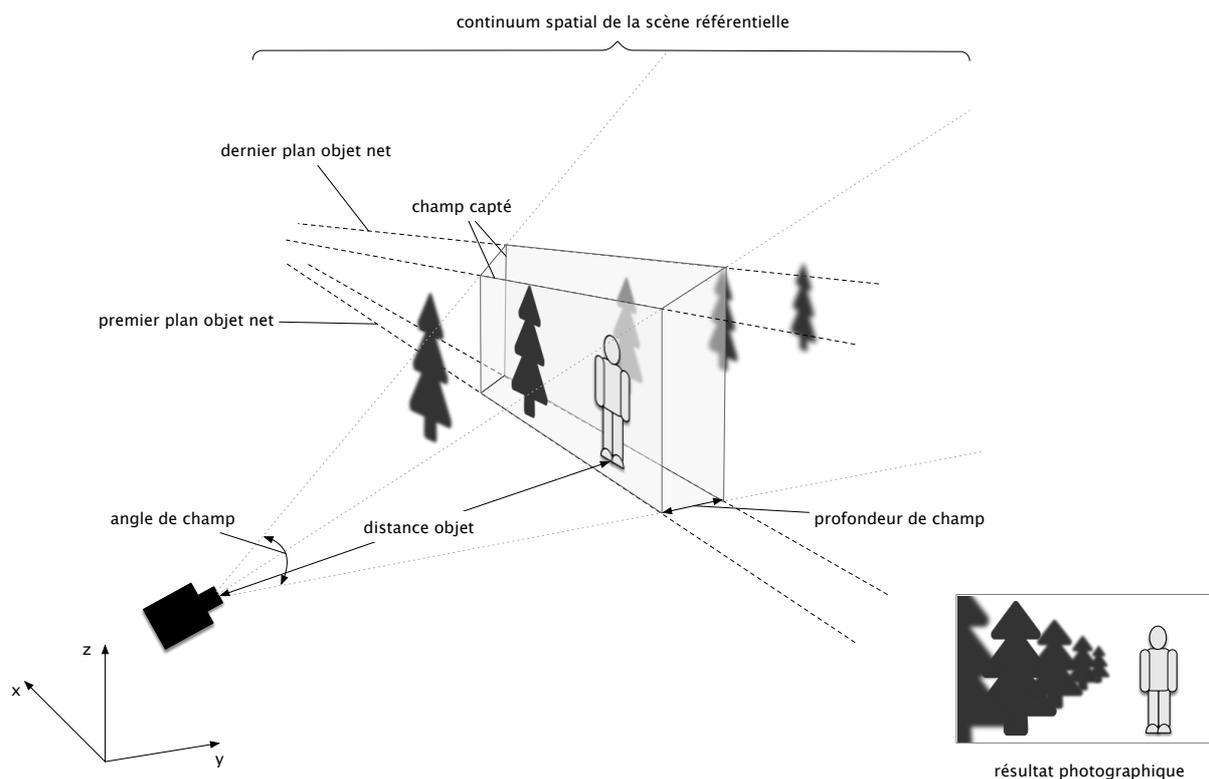


Figure 14 : Coupe spatiale de l'enregistrement photographique délimitée par le cadrage du champ capté créant une fenêtre de visibilité dans l'espace référentiel et, à l'intérieur de cette fenêtre, la profondeur déterminable quantitativement par la restitution des perspectives et isolable par la zone de netteté de la profondeur de champ.

### Le double automatisme de l'enregistrement de la trace

Même au niveau de l'enregistrement, le code culturel ou référentiel à la vision humaine, intervient partout : le format rectangulaire standardisé des capteurs, leur taille et leur rapport avec l'optique utilisée; l'enregistrement de l'amplitude similaire à la perception humaine; le nombre (taille) et la répartition des photosites sensibles pour permettre une vue continue à un agrandissement raisonnable; la quantification du signal non uniforme pour s'aligner sur la perception humaine (un gris moyen, ou perçu comme moyen par l'œil, correspond à un gris qui renvoie 18% de la lumière et pas 50%); l'optimisation de l'équilibre de leur sensibilité spectrale ou des calculs de dématricage complexes pour les capteurs numériques.

Même s'il faut reconnaître l'omniprésence et le poids du code dans le fonctionnement physico-chimique du matériel utilisé pour l'enregistrement et dans sa préparation, il reste la fenêtre de la durée de l'enregistrement au moment du déclenchement. Dès le moment où l'index de l'opérateur actionne le déclencheur, ne subsistent que les lois physico-chimiques naturelles, hors du contrôle de l'opérateur et de ses codes culturels qui transforment l'énergie du signal-trace en densités ou en niveaux de quantifications.

L'automatisme ne se situe pas seulement sur le processus d'enregistrement proprement dit, il porte aussi sur les lois optiques qui transforment le signal-trace en une image réelle sur le capteur. L'automatisme optique lié à la coupe spatiale se combine à celui de l'acte d'enregistrement lié à la coupe temporelle. C'est dans ce double automatisme spatial et temporel d'enregistrement de la trace photographique que

se trouve non plus le fondement de la ressemblance, mais celui de sa nature indiciaire. La marque formée optiquement par le signal émis par le référent est enregistrée hors du contrôle direct de l'humain et garantit ainsi avant tout le lien physique avec le référent. Il est évident que par la mise en scène établie par l'opérateur, il est possible d'influencer le résultat optique et enregistré de la trace. Néanmoins, le référent reste inexorablement lié à l'image optique qu'il produit et à l'enregistrement qui en est fait. Il est l'émetteur de la trace qui le détermine en retour par contiguïté physique, quel que soit le résultat.

Ce déplacement épistémologique fondé sur le mode d'inscription référentielle de la trace plutôt que sur le mimétisme du résultat a plusieurs conséquences que nous détaillerons dans le chapitre « Les conséquences du statut indiciaire de l'image photonique ». Cependant, il nous permet désormais de compléter la définition de l'*arché* de la photographie (Schaeffer, 1987: 13): elle est essentiellement issue d'un enregistrement *automatique* d'une image formée *optiquement* à partir d'un signal-trace émis *quasi simultanément* par le référent.

Quant au résultat de cet enregistrement, à savoir la restitution visuelle offerte par la photographie, il constitue, pour un interprète connaissant cet *arché* indiciaire, un tenant-lieu du référent par rapport à certaines de ses qualités. Détaillons maintenant un peu plus ce résultat d'enregistrement, car, à nouveau, il y a une forme de dualité circulatoire entre l'image enregistrée et sa lecture par un interprète.

### 2.1.4 Image photonique et vue analogique

Nous avons vu que l'enregistrement photographique est un enregistrement d'amplitude, échantillonné et quantifié. L'image, si nous prenons le cas numérique comme dans la Figure 15, peut être vue comme une série discrète de pixels (échantillonnage) ayant une valeur numérique (quantification) qui correspond à un niveau de gris (inverse de la densité du négatif). Cette considération se base sur la matérialité physique de l'enregistrement de la trace à savoir la réception, la mesure, la transformation et la quantification physiques de l'énergie photonique en chaque point du capteur. Ce niveau de lecture porte sur *l'image photonique* (Schaeffer, 1987: 15-32).

	valeur du pixel											image
81	73	63	40	38	52	100	120	105	180	202	225	
68	85	79	60	20	17	17	18	38	58	98	140	
40	82	102	80	77	59	58	58	57	77	107	189	
70	100	124	152	189	202	205	245	250	242	222	212	
100	124	152	189	202	205	245	250	242	223	211	201	
82	102	80	77	59	58	58	57	77	107	189	222	
85	72	60	20	17	17	18	38	58	98	140	198	
82	102	80	77	59	58	58	57	77	107	189	222	
100	124	152	189	202	205	245	250	242	223	211	201	
70	100	124	152	189	202	205	245	250	242	222	212	
40	82	102	80	77	59	58	58	57	77	107	189	
72	60	20	17	17	18	38	58	98	140	155	168	

Figure 15: L'image photonique est une série de points ayant une valeur de quantification. Il s'agit d'une image discrète où chaque point a son importance.

L'image photonique est le résultat matériel du principe fondamental de la photographie : l'enregistrement de la trace. Son statut est numérique. Une fois acquise, l'image photonique, comme objet à part entière, correspond au niveau du calcul, du traitement, de l'analyse par l'ordinateur.

Cependant, l'humain, dans sa lecture habituelle, ne considère pas l'image photographique sous cette forme numérique – en est-il capable ? –. Sa réception n'est pas directement faite au niveau matériel, mais plutôt au niveau communicationnel : l'image est perçue comme une *vue analogique* (Schaeffer, 1987: 28) au même titre que d'autres types d'images. Il faut comprendre le terme « analogique » aussi bien dans le sens d'une perception continue de l'image que dans celui qui relève de l'analogie, c'est-à-dire qu'elle entretient avec son référent une certaine relation de « ressemblance » de quelque forme qu'elle soit (la forme de ressemblance n'est pas forcément attachée à l'apparence visuelle externe des référents). Ce qui distingue la lecture analogique d'une photographie d'un autre type d'image, c'est bien la connaissance et la prise en compte du statut matériel sous-jacent, l'*arché* de l'image photonique, qui établit le lien physique avec le réel. C'est par la connaissance de l'*arché* que, au niveau communicationnel, la vue analogique d'une photographie hérite du fait que les qualités observables dans l'image ont été réellement affectées par le référent réel.

Cette simple distinction entre le statut matériel d'image photonique et celui communicationnel de vue analogique dans un processus circulatoire ne suffit cependant pas et mérite d'être plus détaillé.

### Le décodage visuel de la perception analogique ou le processus de collecte d'information

Une des premières étapes dans la création de sens d'une vue analogique consiste à comprendre le mécanisme de perception et de décodage de l'information sensorielle. La question est ici d'étudier les mécanismes qui font qu'un interprète va reconnaître ou non le dragon de la Figure 3 comme étant un être-dragon. Nous avons parlé naïvement d'une *idée* commune du dragon entre l'émetteur et le récepteur. Cette *idée* de dragon, c'est ce que le groupe  $\mu$  appelle *répertoire* dans un processus sur trois niveaux présenté dans la Figure 16 (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 91).

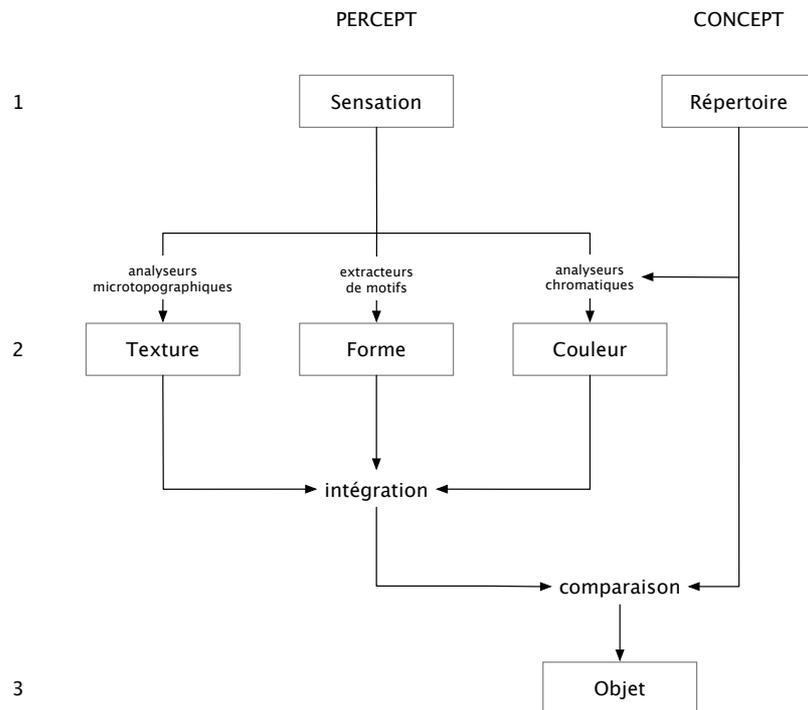


Figure 16 : Processus du décodage identifiant de la perception visuelle (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 91).

Selon le groupe  $\mu$ , le premier niveau correspond à celui de la donnée de base. Du côté perceptuel, elle correspond à la sensation et du côté conceptuel au répertoire existant déjà chez l'interprète. Le répertoire est un système typologique d'objets théoriques construits à partir d'objets perçus ou imaginés. Le répertoire permet de vérifier la conformité de la perception avec des types d'objets théoriques déjà présents dans le répertoire, quelle que soit la complexité de la perception. Le répertoire se met continuellement à jour en fonction de l'expérience et des retours d'expériences.

Le second niveau correspond aux processus perceptifs qui aboutissent à une simplification de l'information sensorielle en retenant, grâce à l'intervention du répertoire, uniquement les éléments pertinents.

Enfin le dernier niveau correspond à celui du cognitif. L'information pertinente et intégrée est soumise à la vérification du répertoire pour en aboutir, ou non, à une identification typologique de l'objet. Il faut considérer ce schéma comme étant itératif et dynamique en fonction de la complexité ou de la décomposition de l'objet.

Le schéma explique donc le processus de reconnaissance des types d'objets à partir d'une sensation par comparaison avec un répertoire. Il n'explique en revanche pas comment la sensation est décomposée ou recomposée en unités sémiotiques visuelles et selon quelles règles ce fonctionnement opère. Le groupe  $\mu$  définit cinq règles qui régissent la définition dynamique des unités sémiotiques à partir de la perception visuelle.

“ une unité visuelle [...] est reconnaissable :

1. Par ses caractères globaux, c'est-à-dire par son contour, sa coloration moyenne, sa texture ;
2. Par les relations positionnelles qu'elle entretient avec les unités de même niveau ;
3. Par ses relations positionnelles avec l'unité qui l'englobe ;
4. Par ses relations avec les unités en lesquelles elle se décompose (et qu'elle englobe donc) ;
5. Par les unités qui l'ont précédée dans le temps et/ou dans la même portion d'espace ” (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 108).

Ce processus de décodage de l'information sensorielle ne semble *a priori* pas sémiotique par lui-même et serait préalable à la considération comme signe de l'unité visuelle identifiée. Nous pourrions associer cette procédure aux prétraitements cognitifs nécessaires à la considération des stimuli sensoriels visuels en signes. Dans ce sens, le résultat de ce processus, c'est-à-dire l'unité visuelle identifiée par un interprète comme « objet » représenterait la face « signifiante » du signe. En complément au décodage sensoriel, le groupe  $\mu$  propose un modèle de fonctionnement du signe iconique que nous présentons dans la Figure 17. Cependant, dans notre volonté de rester dans le modèle Peircien, nous ne le situons pas au niveau d'un fonctionnement particulier d'un « signe iconique », mais plutôt au niveau d'un traitement indispensable de la reconnaissance des unités visuelles sémiotiques nécessaires à tout sinsigne, qu'il soit iconique, ou indiciaire. Dans cette optique, « l'objet » comme résultat au niveau 3 du processus de la Figure 16 correspond à l'identification du « signifiant » de la Figure 17. En quelque sorte, la Figure 17 correspondrait au même processus de traitement défini dans la Figure 16 : la première d'une perspective conceptuelle alors que la seconde procédurale. En remettant ce « signifiant » dans une perspective Peircienne du signe, il faut encore lui adjoindre les propriétés d'être un sinsigne et la nature de sa relation à son objet : iconique, indiciaire ou encore symbolique par transformation en légisigne par un interprète.

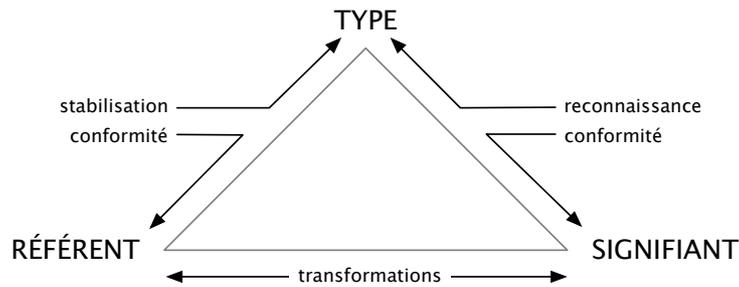


Figure 17: Le modèle du signe iconique selon le groupe  $\mu$  (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 132).

Dans cette Figure 17, selon le groupe  $\mu$ , le référent n'est pas l'objet du monde extérieur, mais un membre particulier (un exemplaire ou token) d'une classe d'objet intériorisé conforme à un type. Le référent, au niveau procédural, se place selon nous au niveau 2 au moment de l'intégration. La sensation aboutissant au référent est déjà traitée par les différents extracteurs et analyseurs pour ne considérer que l'information pertinente correspondant au type associé. Le type est un modèle mental stabilisé contenu dans le répertoire et qui a pour fonction de vérifier la conformité typologique entre le référent et le signifiant. Enfin le signifiant est un modèle stable qui se situe cette fois au niveau 3 ayant été soumis au contrôle de conformité typologique avec le référent qui entretient des relations de transformations avec le référent. Ces transformations peuvent aller dans les deux sens selon l'émission du signe ou sa réception.

Nous avons associé ci-dessus ce processus à une sorte de prétraitement de la sensation nécessaire et préalable au signe. En y regardant de plus près, on remarque que cette hypothèse ne tient pas. En effet, la donnée sensorielle particulière est traitée et confrontée cognitivement au répertoire selon une conformité typologique. Ainsi chaque membre d'un type doit être suffisamment « ressemblant » aux descripteurs du type pour y être associé. De ce fait, le référent du processus est déjà un signe qui tient lieu d'un type et inversement au même titre que le signifiant tient lieu du référent. Il serait donc plus juste de dire que cette représentation résume une certaine étape dans le processus résultant des premiers cycles itératifs des interprétants syntactiques du signe triadique qui aboutit aux unités visuelles identifiantes servant de base aux cycles suivants. Nous associons cette étape à un processus de collecte d'information.

Pour résumer, nous pouvons retenir plusieurs enseignements de ce survol du processus du décodage de la perception visuelle proposé par le groupe  $\mu$  et que nous avons appelé collecte d'information :

- La sensation continue semble être traitée comme signe d'un type d'objet dès le processus d'extraction d'informations pour n'en garder que celles pertinentes.
- La reconnaissance stabilisée de types d'unités sémiotiques correspond à une étape du processus cyclique sémiotique dont le fonctionnement général peut-être résumé dans la Figure 17. Cette étape correspond à une transformation ou une reconstruction typologique de la sensation particulière que l'on peut assimiler à un prétraitement cognitif que l'on a appelé collecte d'informations.
- Ce processus est complexe, dynamique et itératif.
- Les interprètes ne sont pas égaux entre eux, le répertoire individuel intervenant à tous les niveaux du processus.
- L'intervention de la notion de pertinence pour retenir et considérer uniquement les caractères importants à l'identification des unités visuelles qui aboutissent à des modèles simplifiés de l'information sensorielle reçue. Ce processus serait donc pragmatique à chaque contexte

référentiel. Ainsi, comme exemple de fonctionnement de ce processus théorique basé sur la pertinence, l'analyse d'une trace papillaire qui porterait sur la reconnaissance de minuties, entraînerait une collecte d'information spécifique à cette problématique précise. Aucune considération de dispositions de pores ou de bords de crêtes papillaires, pourtant disponibles dans le signal sensoriel, ne serait gardée pour définir le modèle pragmatique en question jusqu'à ce qu'il y ait une nécessité pertinente de les assimiler au modèle. Dans cette optique, la recherche d'information supplémentaire par rapport à un ensemble pertinent suffisant que constituerait le modèle nécessite un effort, une curiosité, une volonté, ou une surprise.

- Une critique récurrente faite notamment par le groupe  $\mu$  sur la notion de *ressemblance* et *d'analogie* de l'icône porte sur ce qu'il appelle le problème de l'isomorphisme et la dissolution du signe : « Tout objet est le signe de lui-même » (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 127) étant donné sa ressemblance en tout point avec lui-même. Cette critique n'a selon nous aucun sens par rapport à la définition du signe de Peirce. En effet, dans cette définition, l'objet est un signe pour quelqu'un. Ce quelqu'un ne pourra que percevoir l'objet et c'est cette sensation qui devient le signe de l'objet. Comme nous l'avons déjà vu, cette sensation est différente et n'est pas l'objet. Pour la sensation visuelle, elle correspond au traitement sensoriel et cognitif de la sensation de l'image optique formée sur la rétine de l'interprète. Nous pouvons donc renverser totalement l'argument et dire que, au contraire, toute sensation émanant d'un référent est un signe de ce dernier.

Lorsque nous parlerons par la suite d'unités visuelles identifiantes, nous ferons référence au résultat de cette étape de collecte d'informations qui aboutit à une certaine forme de données de base pour la détermination d'une signification plus profonde voire d'un message intentionnel.

## La réception mathématique de l'image

Il existe évidemment des liens itératifs entre l'image photonique et la vue analogique qui en est faite par un interprète, mais elles correspondent à deux systèmes informationnels distincts. L'image photonique est mathématique, numérique, physique et optique et c'est elle qui donne une essence indiciaire à sa vue analogique humaine. Ainsi, au même titre qu'il faut séparer l'image photonique de la vue analogique qui en est faite par un interprète, il est nécessaire de distinguer la réception mathématique ou cybernétique (Schaeffer, 1987: 74-80) qui se base sur l'image photonique de la réception analogique humaine.

La réception mathématique de l'image photonique peut opérer en milieu totalement fermé et donc être totalement informatisée et automatisée. La vue analogique et l'intervention humaine sont totalement accessoires, voire exclues du processus. Ce genre de système totalement fermé se développe actuellement de manière encore plus impressionnante avec l'avènement du perfectionnement de l'intelligence artificielle et de l'automatisation de traitement imposé par le Big Data : la détection et la reconnaissance de forme automatique, le traitement mathématique de ces résultats automatiques par comparaison avec des banques de données de plus en plus grandes. Nous pouvons notamment mettre dans ce genre de systèmes fermés, certains systèmes de reconnaissance faciale, de reconnaissances de dessins papillaires, de détection automatique d'événements à partir de surveillance vidéo ou sonore, etc. L'image est capturée, traitée pour reconnaître certaines formes plus ou moins complexes, décomposées en mesures et comparées à des banques de données pour calculer, par exemple, des scores statistiques de correspondance. Certains voient dans ce genre d'automatisation complète du processus l'objectivation absolue du résultat, l'humain n'intervenant plus. Cependant, comme nous l'avons déjà démontré avec la photographie, malgré son enregistrement automatique, sans la main de l'homme, celle-ci n'est pas pour autant *objective*, mais revêt simplement son statut fondamental d'indice.

La réception mathématique telle que décrite ci-dessus dans un système fermé sur lui-même peut aussi s'ouvrir vers une réception analogique. Ce sera par exemple le cas lorsque les processus mathématiques renvoient vers une validation ou une démonstration analogique des résultats obtenus comme pour les

systèmes biométriques de reconnaissance faciale. Ceux-ci soumettent les meilleurs scores de correspondance obtenus (réception mathématique) à un contrôle humain basé sur une vue analogique comparative complémentaire.

Dans le sens inverse, la vue analogique peut opérer comme support ou point de départ à ces opérations mathématiques. Dans ce cas de figure, c'est l'humain, dans sa lecture de la vue analogique qui va déterminer les points ou les zones caractéristiques de cette vue qui permettront de lancer les calculs sur l'image photonique pour en générer une réception mathématique.

L'opération mathématique de l'image photonique peut aussi opérer de manière circulaire avec la vue analogique. Ce sera le cas pour tout ce qui est traitement de rehaussement de contraste de la vue analogique. L'opération mathématique a pour fonction d'améliorer et préciser la vue analogique, voire de mettre en exergue certains détails noyés dans l'information générale.

Enfin, ce genre de processus circulaire peut s'appliquer aussi pour les opérations de transformation du signal pour en générer d'autres visualisations (graphiques, transformée de Fourier, etc.). Ce cas de figure se distingue du cas précédent, car les visualisations générées ne sont pas forcément lues comme une *vue analogique* au même titre qu'une photographie, mais plutôt comme des représentations mathématiques manipulables et interprétables et qui reviennent dès lors à un niveau de réception mathématique de l'information. Nous pouvons en effet nous convaincre que l'image de transformée de Fourier calculée à partir de celle de la trace digitale de la Figure 18 ne va pas être perçue véritablement comme une vue analogique de l'information. L'opération mathématique pour la générer consiste justement à discrétiser et quantifier l'amplitude des fréquences présentes dans l'image.

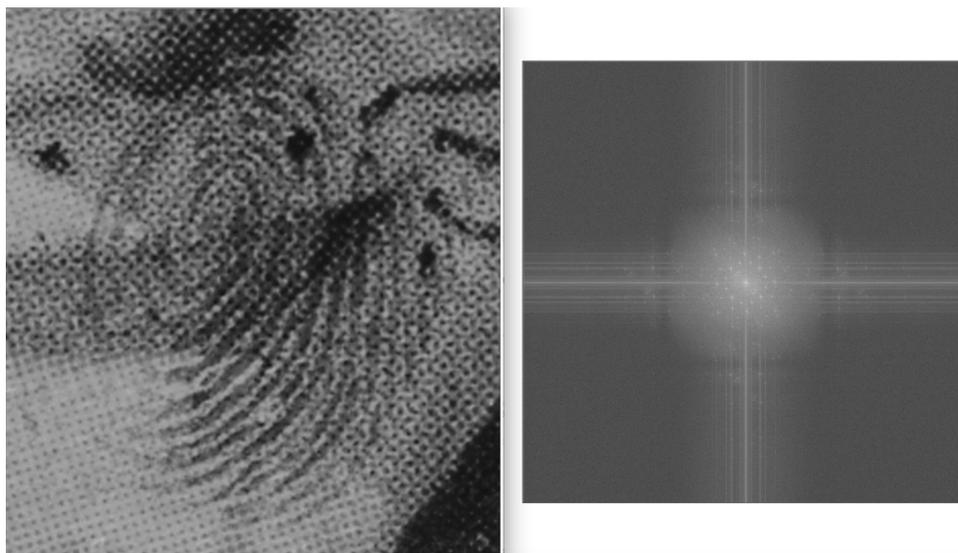


Figure 18 : Image d'une trace papillaire à gauche et de sa transformée de Fourier. Si la première permet d'en avoir une vue analogique, sa transformée de Fourier ne le permet pas. Elle correspond à la traduction mathématique de la première et se place de ce fait au niveau de l'image photonique.

### Lever l'ambiguïté de la ressemblance et de l'analogie

Certains auteurs comme Dubois (1983: 65) associent l'affranchissement du mimétisme de la photographie au réel à son essence indiciaire. Selon nous, c'est plutôt la notion de *ressemblance* ou d'analogie qui, prise dans un sens trop restrictif, peut être ambiguë et mal comprise. Nous nous accordons sur le point de vue que ce n'est en aucun cas la ressemblance avec le réel qui définit l'essence de la photographie,

mais bel et bien sa nature indiciaire. En conclure que c'est son essence indiciaire qui l'affranchit de toute ressemblance avec le réel est un renversement qui nous paraît abusif. La réponse à cette question de l'affranchissement de la théorie du miroir du réel de la photographie est plutôt à trouver dans la notion d'icône définie par Peirce et dans le principe de hiérarchisation des catégories. L'icône renvoie à son objet par une forme de *ressemblance* avec lui. Cette ressemblance ne se limite absolument pas à la similitude visuelle : deux parfums peuvent se ressembler. Même dans le cas d'une forme de *ressemblance* visuelle, elle ne se limite pas à la similitude avec l'objet par rapport à la vision humaine : les représentations simplifiées des schémas par rapport aux similis (cf. chapitre : La représentation) sont rarement similaires à leurs référents, elles font appel à d'autres qualités iconiques ou symboliques. L'image est un type d'icône qui représente des *qualités* de son référent. Par le principe de hiérarchisation des catégories (l'indice implique l'icône), la photographie est un indice dont les *qualités* iconiques qu'elle représente sont affectées réellement par leur référent réel. La similitude visuelle est une des qualités du référent que peut représenter l'image, mais celle-ci n'est ni requise, ni exclusive quel que soit le type d'image. C'est dans cette optique très générale et ouverte qu'il faut comprendre ici ressemblance et analogie. Toute réduction du terme ressemblance dans ce contexte à des aspects purement mimétiques et similaires à l'expérience de vision humaine du monde extérieur amènera certaines confusions.

### Les conséquences du statut indiciaire de l'image photonique

Dubois (1983: 60-77) se basant sur les travaux de Peirce, détaille plusieurs conséquences du statut indiciaire en général et qui s'appliquent donc à la photographie. Nous considérons donc que le statut indiciaire porte avant tout sur la matérialité de l'image photonique, puis, par extension et en connaissance de cause, celui-ci est pris en compte par un interprète lors de sa lecture analogique. Ces conséquences sont les principes d'individualité<sup>1</sup>, d'unité, d'attestation et de désignation.

#### Le principe d'individualité

“ *Les indices renvoient à des individus* ” ((2.306) Peirce et Deledalle, 1978). Le principe d'individualité de l'indice repose, par extension selon le rapport de contiguïté physique, sur celui de son référent réel, individu à l'identité unique. Sans entrer dans des considérations philosophiques ou métaphysiques sur les notions complexes de l'identité, nous nous appuyerons simplement sur la notion d'*identité numérique* qui désigne “ *la relation qu'un être entretient à lui-même tout au long de son existence* ” (Wikipédia, 2018) et sur le sens commun qui veut que deux entités matérielles n'occupent jamais la même position dans l'espace au même moment et possèdent donc chacun une identité numérique propre (Drapeau Vieira Contim, 2016). Ainsi, selon ce principe, une photographie, en tant que résultat d'un acte d'enregistrement d'une trace émise par un référent à l'identité numérique propre à un moment, à un endroit et dans des conditions spécifiques est de facto aussi individuelle. L'identité numérique du référent implique celle de la trace qui implique celle de l'enregistrement.

Il est cependant important de préciser que l'identité numérique d'un individu ne signifie pas qu'il est discernable d'un autre individu qualitativement identique. C'est ce que l'on appellera des répliques : des objets réels (quasi) indiscernables qualitativement, si ce n'est par le fait d'avoir une identité numérique propre. Ainsi, l'individualité n'implique pas forcément la singularité dans le sens de la particularité. Les répliques, objets réels ayant des qualités très similaires, voire indiscernables, peuvent se situer aussi bien au niveau du référent, de la trace, ou de l'indice. Prenons quelques exemples :

- a) Une boîte de munitions contient 50 cartouches indiscernables qualitativement. Chaque cartouche est une réplique des autres, mais possède une identité numérique propre puisqu'il y en a 50 « différentes ». Si nous réalisons une photographie d'un individu, nous pouvons choisir n'importe

---

<sup>1</sup> Nous avons préféré le terme principe d'individualité par rapport principe de singularité initialement proposé par Dubois.

quelle réplique indiscernable des autres sans qu'il y ait d'impact sur la photographie. Même si le lien physique est établi uniquement avec l'individu choisi, il est indiscernable, quel que soit le choix de la réplique.

- b) Une trace papillaire est photographiée à plusieurs reprises d'affilée dans des conditions fixes. Dans ce cas de figure, un même individu (la trace papillaire) va émettre une trace quasiment constante durant la période des multiples enregistrements. Tous ces enregistrements peuvent être assimilés à des répliques dans le sens où, qualitativement, elles ne seront pas discernables les unes des autres hormis le fait qu'elles ont une identité numérique propre.
- c) Enfin, un même enregistrement photographique, particulièrement pour la photographie numérique, peut facilement être répliqué à l'infini et être diffusé à travers le monde entier. Toutes ces répliques ont comme point commun l'enregistrement originel de la trace de l'individu et sont indiscernables qualitativement.

A ce problème de l'indiscernabilité des répliques, l'industrie et la société y répondent parfois par l'ajout d'identifiants plus ou moins individuels (numéro de modèle, de lot, de série, logo, incréments, etc.) ou également par l'insertion de métadonnées (date et heure, coordonnées GPS, lieu de production, auteur, etc.).

C'est aussi une préoccupation du criminaliste qui, en plus de ses propres documentations et inventaires photographiques, cherche toujours à faire figurer dans ses photographies les marques singulières des référents. Pour le criminaliste, cette préoccupation dépasse même la problématique des répliques : il va la généraliser et mettre en place tout un système d'identifiants propres à chaque objet d'intérêt. Cet identifiant sera disposé juste à côté de l'objet d'intérêt pour figurer dans l'enregistrement de la trace. Ce système d'intégration d'identifiants, couplé au processus même d'établir des photographies des référents d'intérêts, est à la base du concept de la continuité de la preuve (Inman et Rudin, 2001: 206).

Il ne faut toutefois pas confondre le principe d'individualité des indices avec le processus d'identification ou même d'individualisation de la *source* (Kwan, 1977: 1). Le premier définit l'aspect individuel de l'affectation et la détermination physique de l'indice par un référent lui aussi individuel. C'est un principe physique lié de la production des indices. Le second est un raisonnement soumis à l'incertitude. Il est toutefois clair que le principe d'individualité des indices est une prémisse fondamentale du processus d'identification de la source.

Enfin, dernière remarque, il ne faut pas voir le principe de l'individualité comme étant incompatible avec les « mélanges » comme le serait une tache de sang qui réunit le sang de plusieurs personnes. Un indice est affecté par « son » référent individuel. Il n'exclut pas que « son » référent soit lui-même composé de plusieurs entités distinctes. A nouveau, que ces entités distinctes puissent être séparées par la suite lors de l'analyse de l'indice relève du processus d'identification.

Le caractère fondamental d'enregistrement d'une trace par la photographie est de première importance dans ce principe d'individualité : la photographie est un enregistrement affecté de manière unique par un référent unique.

#### Le principe d'unité spatiale et temporelle

L'image photographique est aussi le résultat d'une double coupe, spatiale et temporelle. Cette double coupe intervient dans un geste unique lors de l'exposition. La photographie, par la genèse de sa production et la simultanéité de l'acte avec la présence du référent, implique donc une unité spatiale et temporelle d'une part dans sa représentation analogique et, d'autre part, avec la scène référentielle. Le champ perceptif créé par la vue analogique de l'image qu'en fait un interprète implique une prise en compte de cette unité temporelle et spatiale, quelles que soient les caractéristiques effectives des coupes

respectives. La vue analogique d'une photographie n'est pas considérée comme une composition de plusieurs espaces, de plusieurs lieux comme pourrait l'être une composition picturale cubiste. Si elle l'était, elle perdrait dès lors son statut d'image photographique tel que nous l'avons défini et deviendrait alors, par exemple, un photomontage. Du point de vue de la coupe temporelle, il y a une difficulté supplémentaire liée à son épaisseur, le temps de pose effectif, qui ne se traduit pas forcément dans la vue analogique lors de la réception. Le principe d'unité temporelle héritée par la genèse de l'image ne donne pas pour autant forcément d'indications sur la durée de la coupe engendrant parfois certaines ruptures ou incompréhensions. La vue analogique résultante d'une longue exposition peut prendre les traits d'un véritable instantané dû à l'immobilité du sujet et engendrer une certaine rupture dans sa réception. Certaines photographies de l'artiste japonais Hiroshi Sugimoto, montrant des écrans blancs comme éclairants des salles de cinéma, provoquent ce genre de ruptures qui rendent ces images difficiles dans leur réception sans explications supplémentaires sur la coupe temporelle. Ces photographies sont le résultat d'une coupe temporelle qui correspond à la durée de la projection d'un film entier sur cet écran et qui provoque cet effet d'éclairage blanc par cet écran, donc difficilement compréhensible directement.

Un exemple plus proche de la science forensique peut être trouvé dans la technique du Luminol qui nécessite une exposition longue simultanée à l'application du produit chimique dans l'espace capté. La vue analogique résultante à cette technique peut s'assimiler facilement à un instantané par un interprète alors qu'elle ne l'est effectivement pas. Cette rupture entre réception et émission effective peut engendrer certaines incohérences dans la perception de l'unité temporelle de l'image. En effet, certains mouvements de l'opérateur appliquant le produit peuvent s'enregistrer partiellement laissant des marques fantomatiques dans l'image enregistrée.

#### Le principe d'attestation d'existence

L'indice, affecté réellement par son référent, ne peut qu'attester en retour de la présence, de l'existence et de certaines *qualités* de son référent, au moment, à l'endroit (parfois avec une certaine distance comme pour la photographie) et dans les conditions de sa genèse. Il est un vestige d'une présence, d'une action au moment et à l'endroit de celles-ci (Margot, 2014: 74). Au même titre qu'une analyse GC-MS qui atteste par l'enregistrement d'un spectre de masse la présence de certains composés dans une substance en question, la photographie atteste de la présence de certaines qualités visuelles de son référent. “ *Devant une photo, la conscience ne prend pas nécessairement la voie nostalgique du souvenir [...], mais pour toute photo existante au monde, la voie de la certitude : l'essence de la Photographie est de ratifier ce qu'elle représente. [...] Toute photographie est un certificat de présence. Ce certificat est le gène nouveau que son invention a introduit dans la famille des images* ” (Barthes, 1980: 133-135).

Si l'indice atteste de la présence, de l'existence et de certaines qualités de son référent par contiguïté, il ne dit jamais *c'est lui !* A nouveau, il ne faut pas confondre le principe d'attestation avec le processus d'identification de la source. Tout comme celui de l'individualité, le principe d'attestation est aussi une prémisses fondamentale du processus d'identification de la source. La lutte antidopage est peut-être un bon exemple de cette distinction : l'analyse (ou l'enregistrement du signal-trace) atteste de la présence d'une substance prohibée dans l'échantillon, elle ne dit pas d'où cette substance provient (sa source) ni comment (activité) elle s'est retrouvée dans l'échantillon.

La capacité de restitution des *qualités* visuelles (forme, dimension, textures, apparence, etc.) de la réalité par la photographie, qui peut parfois s'apparenter à la vision sensorielle humaine, lui confère d'autant plus de pouvoir d'attestation : “ *elle est devenue la mémoire artificielle de l'humanité et l'enregistreur automatique et impartial des événements* ” (Reiss, 1903a: 1). On ne pourrait probablement pas en dire autant d'autres types d'indices concernant leur pouvoir d'attestation, de témoignage. La considération par la société et par l'Etat de la puissance d'attestation de la photographie est telle qu'elle est utilisée dans les documents de contrôle d'identité pour attester de *l'apparence* réelle d'une personne.

Ce principe d'attestation est à la base du développement de nombreux usages de la photographie par le criminaliste notamment comme :

- Instrument signalétique qui atteste de l'apparence *identitaire* d'une personne. C'est en tout cas la volonté de Bertillon lors la codification de la photographie signalétique, dès 1886, et en l'intégrant dans un système d'identification complet : Le « Bertillonnage ».
- Instrument de fixation des lieux (dès 1868) : *“On avait fini par reconnaître que la plaque photographique était capable d'enregistrer scrupuleusement tout et que des détails négligés au constat, mais visibles sur l'image photographique, pouvaient acquérir dans la suite une importance capitale.”* (Reiss, 1903a: 15)
- Instrument d'expertise pour documenter et attester d'une observation faite par le criminaliste : le criminaliste photographie les empreintes digitales, ses observations, etc. pas seulement pour travailler plus facilement sur ces éléments, mais aussi pour les préserver (enregistrer) et attester de leur existence, de leurs qualités visuelles et de leur emplacement.
- Instrument de surveillance (dès 1900) pour, au-delà de leur utilité de prévention, attester de l'action. L'utilité de détection des instruments de surveillance interviendra beaucoup plus tard, car elle nécessite un flux d'images consultables à distance, en simultané.

La *qualité* de l'image photonique, c'est-à-dire sa précision dans sa restitution visuelle du référent ou du phénomène réel à reproduire, est de première importance dans le principe d'attestation du « *ça-a-été* » et du « *c'est tel !* » (Barthes, 1980: 120 et 16): la netteté, l'exposition, la résolution, la fidélité de la formation automatique de l'image réelle par l'objectif, etc.. La notion de *qualité* est relative et dépend de l'objet. Une image floue est peu adaptée pour attester de l'existence de certaines qualités d'un référent que l'on ne distinguera pas visuellement. Cependant, cette même image peut attester de la forme du diaphragme ou de la qualité de l'objectif en permettant une mesure de son aberration chromatique.

### Le principe de désignation

*“ L'indice n'affirme rien ; il dit seulement : « Là ». Il se saisit pour ainsi dire de vos yeux et les force à regarder un objet particulier, et c'est tout ”* ((3.361) Peirce et Deledalle, 1978: 144). Il pointe du doigt. Ainsi, en complément à l'attestation de l'existence de son référent, il désigne ce qu'il y a à voir.

Tout comme l'individualité et l'attestation, le pouvoir de désignation n'est pas forcément équivalent d'un indice à l'autre. Toutes les photographies n'ont pas forcément la même transparence de désignation pour un interprète sur ce qu'il y a à voir.

Ce principe de désignation est aussi à la base de plusieurs usages de la photographie par le criminaliste ou par le policier notamment comme :

- Instrument de signalement : ce n'est plus seulement l'attestation – bien sûr qu'elle joue son rôle – mais bien sa désignation : *lui !* (*Signifié : nous recherchons celui qui est sur la photographie*).
- Instrument d'enquête : il s'agit désormais de situer l'observation, de la placer dans son contexte, de l'indiquer, de la mettre en évidence. *Ici !* (*Signifié : ici, nous avons trouvé cet élément*). C'est aussi pour la désignation que le criminaliste place des repères sur les scènes d'investigation aux endroits où des éléments ont été trouvés. La numérotation de ces repères quant à elle, relève plus du principe d'individualité.

Nous devons faire une parenthèse qui sort un peu du propos de la photographie, mais qui nous paraît tout de même importante d'aborder. Ce principe de désignation est aussi principalement à l'origine des stratégies d'annotation des photographies par le criminaliste. Celui-ci posera des marques codifiées, ou non, à des endroits précis de l'image photographique. Chacune de ces marques étant physiquement reliées par un lien spatial avec l'image est elle-même un indice (un sursigne indiciaire rhématique ou dicent en

fonction de son utilisation). Cette annotation hérite des principes de tout indice, dont celui de la désignation : *ici*, à cet endroit précis de cette trace papillaire représentée dans cette photographie, il y a *quelque chose*. Si cette annotation contient une valeur codifiée (symbolique), elle pourra en plus symboliser que ce *quelque chose* est une minutie, voire encore plus précisément, une minutie d'un certain type.

Cette parenthèse fermée, nous revenons à la photographie. Ce sont les coupes temporelles et spatiales de l'enregistrement photographique, c'est-à-dire ses facteurs d'isolation du signal et du référent, ainsi que la mise en scène du référent et de son éclairage qui sont de premières importances dans ce principe de désignation. « *Voyez, ici, [...] là* » (Barthes, 1980: 16).

Il faut garder à l'esprit que ces quatre principes relèvent du processus d'enregistrement, de *l'arché* et donc de l'image photonique. Au niveau de l'image photonique, en tant qu'indice, la photographie se révèle unique, atteste de l'existence de son référent et désigne ce qu'il y a à voir. Pourtant, elle ne dit rien, ne signifie rien.

La signification de l'indice relève de l'interprète, et par anticipation, de l'opérateur au travers d'une codification culturelle. Ainsi la signification relève de la vue analogique de l'interprète et non plus de l'image photonique. Avant de parler du fonctionnement de la signification de la photographie, il nous paraît désormais nécessaire de faire quelques précisions concernant notamment la notion d'indice.

### 3 Trace, indice et index

Sans vouloir faire un résumé exhaustif, jusqu'à présent, nous avons considéré l'image photographique comme étant un *signe* : “ *quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose, sous quelque rapport ou à quelque titre* ” ((2.228) Peirce et Deledalle, 1978: 215). Que ce signe possède deux composantes : une photonique et une analogique. Nous avons déclaré la composante photonique, *l'arché* de ce signe lié à sa genèse, comme étant un *enregistrement* d'une *trace* émise par son référent et que cette relation de contiguïté physique lui confère le statut d'*indice* dans la sémiotique Peircienne. Enfin, étant un indice, la composante photonique hérite de ses principes d'individualité, d'unité, d'attestation et de désignation.

Dans ce bref survol, nous avons employé certains termes (signes, enregistrement, trace et indice) pour lesquels nous avons déjà apporté certaines définitions, il nous paraît cependant nécessaire d'en préciser désormais certains aspects. En effet, quelle est la différence entre une trace et un indice ? Est-ce que l'enregistrement d'une trace confère à cet enregistrement à son tour le statut de trace ?

Répondre à ces questions relativement simples en apparence n'est pourtant pas si évident et va faire appel à une nouvelle notion, celle d'*index*.

#### 3.1 La relation de la trace et de l'indice

Rappelons la définition de base de la trace matérielle sur laquelle nous nous appuyons : “ *Marque, signal ou objet, la trace est un signe apparent (pas toujours visible à l'œil nu). Elle est le vestige d'une présence et/ou d'une action à l'endroit de cette dernière* ” (Margot, 2014: 74).

“ *La trace est un signe apparent* ”. Pour bien comprendre la différence entre trace et indice, il est nécessaire de décomposer un peu plus cette affirmation. Strictement, la trace n'est pas un signe en soi. Elle est un vestige de quelque chose. Elle existe, qu'elle soit prise en compte comme signe ou non par la suite par un interprète. Un signe, pris au sens Peircien, est une relation triadique entre un representamen,

un objet et un interprétant. Ainsi, la trace est un objet du monde extérieur qui devient signe lorsqu'un interprète instaure à partir de cette trace cette relation triadique dans son monde intérieur. La trace, prise en compte comme signe, devient même un type de signe particulier pour son interprète : par sa relation de contiguïté physique, vestige de son référent elle devient un indice ou plus précisément un sinsigne indiciaire. Dans cette optique, nous sommes partiellement en désaccord avec Dulong qui postule " *qu'une trace n'a de réalité que par la perception d'un observateur [...]. Pour qu'une trace acquière une présence, il est donc nécessaire qu'elle soit perçue par une personne compétente à lire ce type de trace. [...] C'est pourquoi l'on parle de « l'invention » de la trace »* (Dulong, 2004: 262-263). A notre sens, « l'invention » au niveau de la trace de Dulong est mal située. Il n'y a pas « invention » de la trace, mais plutôt une détection ou une prise en compte d'une trace préexistante comme signe par un interprète, l'observation ne suffisant pas à considérer la trace comme signe. Il y aura donc plutôt « invention » au niveau de l'indice, dans sa structure triadique, à partir d'une trace réelle observée par un interprète.

L'indice, contrairement à la trace, n'est pas directement un objet en soi du monde physique réel, c'est une relation triadique qui relie le monde extérieur de la trace et de son référent auquel elle tient lieu à celui intérieur de l'interprète.

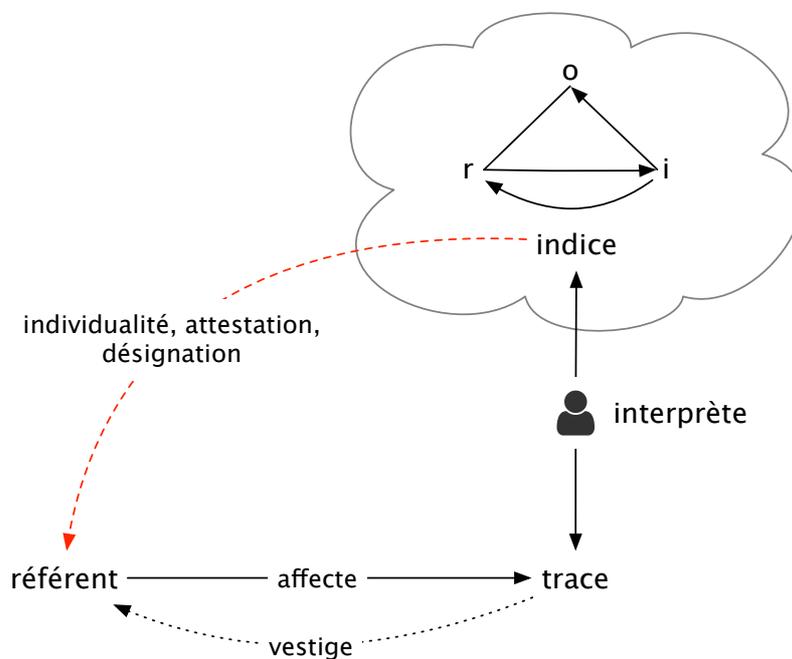


Figure 19: La trace, vestige réel d'un référent réel affecté par lui et l'indice, signe triadique produit par un interprète à partir de la trace.

## 3.2 L'image photonique est-elle une trace ?

" *De document à trace, l'image en science forensique »* ou « *images comme traces »* (Milliet, Delémont, et al., 2014: 470-471), le statut fondamental de la photographie – plutôt que l'image – ne semble pas vraiment établi, du moins dans le monde forensique.

Nous avons déclaré de manière très descriptive et neutre que l'image photonique est un enregistrement d'un signal-trace émis par son référent. La question est de savoir si l'enregistrement d'une trace d'un référent, au-delà de la transitivité de leur relation déjà établie dans les chapitres précédents, devient lui-

même une *trace*, vestige de son référent. Si l'on s'en tient à la définition de la trace précitée, rien ne s'y oppose : l'image photonique est un objet matériel, vestige de la présence d'un signal émis par quelque chose. L'enregistrement photonique serait donc une trace d'une autre trace renvoyant au même référent initial. Cependant, cette affirmation fait ressentir un certain malaise par rapport à la notion de trace. Ce malaise provient selon nous de la définition de la trace elle-même. Telle que nous la percevons, la trace possède dans sa genèse un caractère *automatique* ou *accidentel*, dans le sens dépourvu de toute volonté sémiotique, qui n'est pas directement exprimé dans la définition. Au même titre que l'*arché* de la photographie, l'essence de la trace n'est peut-être pas dans le résultat, le vestige, mais dans son mode de production automatique.

Ainsi, l'enregistrement photographique se distingue de la trace, malgré le caractère automatique de sa production, par le fait qu'il soit (toujours) issu d'un acte sémiotique plus ou moins volontaire de la part d'un opérateur. Cet indice *volontaire* dans le processus de création, c'est ce que plusieurs auteurs ont appelé *index* (Lauzon, 1998: 74; Schaeffer, 1987: 47; Van Lier, 1983) : l'opérateur de l'*index* montre quelque chose et veut communiquer quelque chose à travers cette monstration. On retrouve donc dans l'*index* une forte composante de désignation couplée à une volonté de signification dans la genèse même de celui-ci. Cet acte sémiotique volontaire au niveau de son émission peut, de plus, créer un processus communicationnel circulatoire entre un émetteur (opérateur) et un récepteur si ces deux individus ne sont pas les mêmes comme déjà mis en évidence dans un chapitre précédent.

Ces auteurs placent cependant la distinction au niveau de l'indice triadique de Peirce, le mot anglais *index* employé par Peirce pouvant signifier les deux termes, d'où une certaine confusion. Selon nous, cette distinction est mal située : elle est plutôt à placer au niveau de la trace matérielle. Une *trace* étant automatique, elle est pur vestige hors de toute volonté sémiotique, alors qu'un *index* est le vestige volontaire d'un opérateur. “ *Tout le contraire de la trace qui, par essence, est involontaire* ” (Margot, 2014: 81) propose d'ailleurs aussi Margot. Il situe toutefois cette distinction pour différencier l'*empreinte* de la trace. Cependant, l'*index* n'est pas non plus une empreinte. En plus de son aspect volontaire, l'*empreinte* se distingue par le fait que son référent est connu sans ambiguïté de son interprète, au contraire de celui de l'*index* et de la trace. L'*empreinte* est le matériel référentiel (Margot, 2014: 81).

Avant de prendre quelques exemples liés à ces trois notions de traces, index et empreintes, nous devons encore préciser ce que nous entendons par *volontaire* pour éviter toute confusion. La volonté de l'opérateur d'un *index* porte sur des aspects communicationnels. De ce fait, l'*index* se rapporte plus à la vue analogique qui sera faite de l'image photonique qu'au processus physique d'enregistrement. L'opérateur veut indiquer quelque chose pour quelqu'un afin de signifier quelque chose par l'intermédiaire de l'*index*. La volonté de l'*index* porte donc sur deux composantes :

- La désignation : l'*index* est produit par un opérateur pour être vu par un récepteur, lui-même ou quelqu'un d'autre.
- La signification : l'*index* est produit par un opérateur pour signifier quelque chose dans un processus circulatoire ou non. Son régime sémiotique d'émission est conventionnel alors que celui de la trace ne l'est pas. Nous parlons bien de la volonté de signification de l'opérateur. L'*index*, tout comme la trace, en tant qu'objet du monde réel, ne signifie rien par lui-même.

(a : trace) Une trace papillaire résultant de l'action de l'auteur retrouvée sur une scène de crime est une *trace*. L'auteur, source de la trace, n'aura pas forcément la conscience d'avoir laissé celle-ci.

(b : index) Contrairement au premier exemple, une fausse trace papillaire, déposée volontairement sur une scène de crime par un auteur (criminel) pour induire un récepteur (criminaliste) en erreur, n'est pas une trace, mais un *index*. Cet *index*, étant donné le processus sémiotique circulatoire entre émetteur et récepteur si ces deux personnes sont différentes, peut être considéré, par erreur, par un récepteur comme étant une trace. Il s'agit ici du même cas de figure, mais à un autre niveau, que l'imagerie virtuelle qui peut faire croire au récepteur qu'il s'agit d'une photographie alors qu'il s'agit au contraire d'une

fabrication. Comme exemple récent de ce type de confusion, un artiste a réussi à obtenir en France ses documents d'identité avec une image fabriquée totalement artificiellement en la faisant passer pour une photographie (Laystary, 2017).

(c : trace) Lorsqu'un cambrioleur force une serrure, il va laisser probablement certaines traces d'outils sur le cylindre. Ces traces sont issues d'une action *volontaire*. La volonté de cette action porte uniquement sur l'ouverture de la porte, les traces laissées ne sont que des conséquences accidentelles du procédé d'ouverture. Le cambrioleur, même s'il est probablement conscient de laisser ces traces, n'a pas de volonté sémiotique dans cet acte.

(d : index) Un explorateur qui traverse la jungle va réaliser des marques pour pouvoir retrouver son chemin dans cet environnement hostile un peu à l'image du conte pour enfants de Charles Perrault Le Petit Poucet. Ces marques de son passage ne sont à notre sens pas des traces, mais des index. Elles ont pour objectifs d'être spécialement visibles et de signifier à l'explorateur, ou à d'autres, qu'ils sont bien sur le « bon chemin ».

(e : empreinte) Les empreintes papillaires d'une personne prises par encrage sur des fiches décadactylaires sont des empreintes. L'empreinte correspond à l'établissement d'une marque physique de référence de manière volontaire dont la source est connue. Pour répondre à cet objectif de matériel de référence, elle est fabriquée généralement avec une préoccupation de qualité. Il est parfois nécessaire de réaliser plusieurs tentatives pour aboutir à une qualité acceptable pour être prise comme référence.

(f : Qu'en est-il de la photographie ?) Il résulte de ces réflexions que la photographie, en tant que vue analogique issue de l'enregistrement physique d'une trace, découle d'un acte sémiotique volontaire de la part d'un opérateur. On pourrait avancer le contre-exemple des images de caméras de surveillance qui s'enregistrent automatiquement sans intervention humaine. Or, le positionnement même de ces caméras de surveillance est défini et choisi de manière stratégique à des endroits propices à une potentielle action délictuelle. Leur simple présence à ces endroits est un acte sémiotique de prévention : *attention, vous êtes surveillés*. De plus, il ne faut pas confondre la codification volontaire d'une certaine mise en scène d'un opérateur avec l'acte sémiotique lui-même : la photographie existe pour être un signe, qu'elle subisse ou non une codification particulière de la part d'un opérateur. Dans ce sens, la photographie est résolument un acte sémiotique : un index.

(g) En criminalistique, cependant, bon nombre de photographies tiennent plus de l'empreinte que de l'index. Nous pensons par exemple à toutes les photographies signalétiques de Bertillon. Ces images sont le résultat d'un enregistrement photonique (trace) issu d'un acte sémiotique volontaire (index) et dont la source est connue et la signification est établie par convention dans son contexte d'utilisation (empreinte) : grâce à son protocole d'acquisition stricte, cette image représente de manière objective la personne dont l'identité est connue et peut être utilisée à des fins de reconnaissance de la personne. Nous sommes donc de l'ordre du matériel de référence du référent qui caractérise l'empreinte.

### 3.3 La trichotomie de la trace

Nous avons vu que ces trois « objets » du monde réel que sont la trace, l'index et l'empreinte sont susceptibles de provoquer « l'invention » d'un indice par un interprète. Dans ce que nous venons de décrire, ces objets ont des niveaux hiérarchiques sémiotiques différents à expliciter.

### 3.3.1 La trace

La trace est première, car ses qualités sémiotiques sont pures potentialités. La trace ne naît pas avec une volonté sémiotique. Les significations qui seront dégagées par la suite à partir des qualités de cette trace sont externes à sa genèse.

En nous inspirant des travaux du groupe  $\mu$  (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 132), nous pouvons représenter la production de la trace par la Figure 20. Soit le modèle référentiel global  $\mathbb{R}$ . On entend par modèle référentiel global, tout ce qui intervient involontairement lors de la production de la trace (personnes, instruments, etc.).  $T$  correspond à la trace produite par  $\mathbb{R}$  à un instant  $t_0$ .  $T$  n'étant pas  $\mathbb{R}$ , certaines transformations  $\Delta_R$  interviennent lors de la production de la trace  $T$ . Dans le cas de la trace involontaire, l'ensemble des caractéristiques de  $T$  proviendra du contexte référentiel global  $\mathbb{R}$  au moment de sa production. On obtient donc :

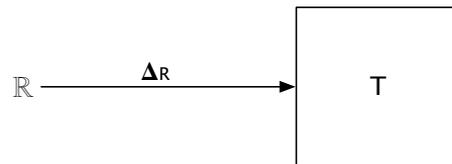


Figure 20 : La production de la trace.

### 3.3.2 L'index

L'index est second dans le sens que ses qualités sémiotiques ont une existence réelle. L'index naît pour être un signe qui tient lieu de quelque chose. En tant que second, dans la même optique de hiérarchisation des catégories définie par Peirce (le symbole nécessite l'indice qui nécessite l'icône), il nécessite la trace. Sans trace, vestige d'une présence ou d'une action, l'index n'existe pas en tant qu'indice. Sans l'*arché* de l'image photonique (trace), la vue analogique sémiotique (index) ne fonctionne pas comme indice (sinsigne dicent), mais comme pure potentialité de l'icône (sinsigne iconique).

Si l'on reprend le formalisme de notre Figure 20, nous devons ajouter au modèle l'ensemble producteur  $\mathbb{P}$  et l'index  $I$  résultant de l'acte volontaire issu de cet ensemble de production. Il faut considérer l'ensemble  $\mathbb{P}$  comme comprenant aussi bien l'opérateur humain, mais aussi notamment les instruments ayant servi à la production volontaire par l'opérateur. L'index sera dès lors composé de deux couches hiérarchiques : l'une correspondant à la trace  $T$  aux caractéristiques provenant de  $\mathbb{R}$  et l'autre à l'index  $I$  provenant de  $\mathbb{P}$ , les deux couches subissant des transformations respectives par rapport à  $\mathbb{R}$  et à  $\mathbb{P}$ . L'index étant hiérarchiquement supérieur, il contient la trace, mais impose son statut d'index. Il est bien clair que les transformations apportées par  $\mathbb{P}$  peuvent porter directement sur  $\mathbb{R}$ , mais par souci de simplification de la représentation nous les regroupons sous  $I$  et  $\Delta_P$ . Nous obtenons pour l'index la Figure 21.

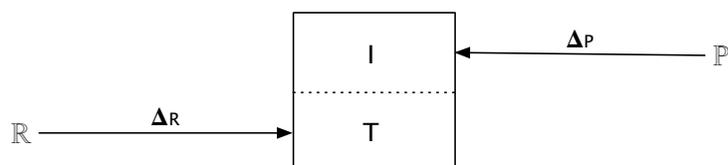


Figure 21: La production de l'index.

L'index I possède désormais des caractéristiques du référent, mais aussi du producteur. L'index possède donc deux fonctions de renvoi : au référent du signe et au producteur du signe. Il faut encore remarquer que la proportion de T et de I dans la fonction globale de l'index peut être très variable. On peut en effet considérer qu'une image sur le vif et dans le feu de l'action d'un événement possède une composante I beaucoup plus faible qu'une image publicitaire très travaillée tout en conservant son statut hiérarchique d'index. Enfin, comme dernière remarque, un interprète percevra l'index dans sa globalité des deux couches I et T. Que ce dernier soit capable de différencier I de T et de les attribuer correctement à  $\mathbb{R}$  et  $\mathbb{P}$  est une autre question qui dépend notamment de l'interprète et de ses savoirs latéraux.

L'index étant second, il peut être authentique ou dégénéré. Il est authentique lorsque l'index est issu d'un choix ou d'une décision sémiotique d'un producteur par rapport à un référent. Nous considérons donc la photographie comme index authentique, car elle est un *artefact* volontaire de cet opérateur. L'index est dit dégénéré lorsque celui-ci ne résulte pas directement du choix du producteur, mais de quelque chose d'autre qui n'a pas forcément de lien direct avec la situation référentielle spécifique. Ainsi, si la photographie comme enregistrement volontaire d'un signal trace est authentique, les métadonnées inscrites automatiquement par l'appareil photo numérique à l'intérieur du fichier informatique sont quant à elles des index dégénérés. Elles résultent, non pas d'un choix de l'opérateur, mais du fabricant en se basant généralement sur des standards établis. Ces métadonnées, comme tout log informatique qui concerne l'ensemble des domaines numériques, sont des index sémiotiques dégénérés : elles naissent pour signifier quelque chose, mais cette signification, établie volontairement par quelqu'un, n'est pas un choix de l'opérateur de l'activité référentielle.

### 3.3.3 L'empreinte

L'empreinte est troisième dans le sens où ses qualités sémiotiques ont une existence réelle et qu'une règle ou une habitude établit son lien avec sa signification par un interprète. L'empreinte naît non seulement pour être un signe, mais encore pour signifier quelque chose établi par convention. En tant que troisième, l'empreinte impose son statut hiérarchique et nécessite l'index et la trace.

En gardant toujours ce même formalisme, nous obtenons pour l'empreinte la Figure 22. La convention institutionnelle  $\mathbb{C}$ , qui subit les transformations  $\Delta C$ , va influencer l'objet global en y ajoutant une composante supplémentaire E. L'ensemble conventionnel  $\mathbb{C}$  englobe potentiellement une partie de l'ensemble producteur  $\mathbb{P}$ , mais uniquement dans la mesure où celui-ci agit dans le cadre fixé du contexte conventionnel. La partie pour laquelle le producteur s'en écarte en y ajoutant une touche personnelle se retrouve dans la composante indexicale de I influencée par  $\mathbb{P}$ .

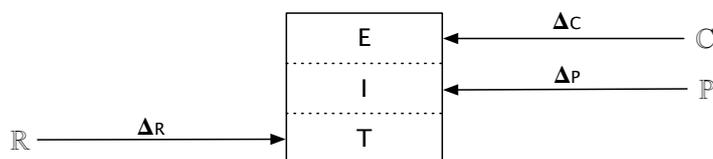


Figure 22 : La production de l'empreinte.

L'empreinte possède désormais trois fonctions de renvoi : du référent, du producteur et de la convention. A nouveau, la prépondérance de ces fonctions varie d'un objet sémiotique à l'autre, mais le rapport hiérarchique lui impose le statut d'empreinte. Pour fonctionner comme empreinte, c'est à dire comme signification établie dès la production, celle-ci a tendance à devoir minimiser les traces involontaires (T) du référent et celles volontaires du producteur (P). Enfin, comme indiqué dans le schéma, pour être

réceptionnée comme empreinte, il faut que le producteur et l'interprète partagent les mêmes conventions institutionnelles.

En proposant cette nouvelle trichotomie suite au questionnement sur le statut essentiel de la photographie, nous apportons à notre sens un nouvel éclairage original sur ces notions fondamentales de la science forensique. Dans un tel modèle qui s'inscrit dans la logique Peircienne, nous pouvons conclure finalement que, sans contradiction, la photographie est fondamentalement un index formé à partir de traces. De plus, la photographie peut aussi être une empreinte si sa signification volontaire est instituée conventionnellement entre l'opérateur et le récepteur dans un certain contexte donné. Une photo passeport est créé en vue de signifier par convention à un récepteur : *la personne doit ressembler visuellement à ça*. Des photographies de fixations des lieux, grâce à des méthodes ou des protocoles d'acquisition établis, signifient par convention : *nous avons trouvé les lieux de cette scène exactement dans cet état, tels que vous les voyez*.

## 4 Le « paradigme indiciaire »

En suivant la logique Peircienne, nous avons présenté l'indice comme signe qui tient lieu, pour un interprète, de son référent en étant physiquement affecté par ce dernier. Cette propriété fondamentale de l'indice est fondée sur sa genèse en tant que trace, index ou empreinte et qui est considérée ou non par un interprète. Ce processus itératif du signe est décrit jusqu'à présent de manière centrée sur le signe comme s'il était « donné » à l'interprète. Or, l'interprète n'est pas passif dans ce processus : il les cherche activement et les « invente ». Cette recherche active des indices aurait des racines des plus anciennes de l'humanité et du monde animal : celles du chasseur (Ginzburg, 1980: 9). Le « paradigme indiciaire » défini par Ginzburg est, selon lui, un mode ancestral d'accès et d'acquisition des savoirs. Nous proposons de séparer ce paradigme en cinq composantes interconnectées et qui s'inscrivent selon nous dans le modèle proposé jusqu'ici en y ajoutant certains éléments.

(1) Le détail comme base indispensable à la construction d'un modèle plus large. “ *Des traces parfois infinitésimales permettent d'appréhender une réalité plus profonde, qu'il serait impossible de saisir par d'autres moyens. Des traces : plus précisément, des symptômes (dans le cas de Freud), des indices (dans celui de Sherlock Holmes), des signes picturaux (dans celui de Morelli) ”* (Ginzburg, 1980: 9). Le représentamen chez Peirce ne partage pas toutes les qualités de l'objet pour lequel il tient lieu, seulement certaines qualités suffisent. A cette information partielle, mais suffisante de Peirce offerte par l'indice pour tenir lieu de son objet s'ajoute la notion plus spécifique du détail parfois infinitésimal comme vecteur indispensable du raisonnement. Le détail échappe à la plupart des gens, il ne s'offre pas forcément à la première vue, il nécessite un effort, un examen minutieux. L'instinct de chasseur de l'interprète se reflète dans cette recherche active du détail qui va lui permettre de construire son raisonnement. Complémentairement à la notion de taille du détail et de la recherche active qu'elle implique, s'ajoute encore la notion de l'importance parfois prépondérante et indispensable de ce détail dans le raisonnement de l'interprète. La spécificité d'un ensemble peut tenir dans certains détails caractéristiques de cet ensemble. Encore faut-il déterminer quels sont ces détails caractéristiques et comment le raisonnement opère. Ces deux éléments sont les objets de la deuxième composante ci-dessous.

(2) La capacité de raisonner à partir de certains effets : “ *Lorsque les causes ne sont pas reproductibles, il ne reste qu'à les induire des effets*” (Ginzburg, 1980: 24). Cette capacité correspond aux trois formes de raisonnements définis par Peirce dont l'objectif consiste justement à établir la règle de causalité à partir d'effets tenant lieu de quelque chose : l'abduction (découvrir, par l'élaboration d'hypothèses, une règle susceptible d'expliquer un effet), l'induction (la règle résulte des effets issus des occurrences d'expériences) et la déduction (la règle est imposée aux faits).

Les règles pour Peirce ou les prophéties pour Ginzburg issues de ce raisonnement sur les effets peuvent être tournées aussi bien vers le passé, le présent que l'avenir : “ *On peut finalement parler d'un paradigme indiciel ou divinatoire tourné, selon les formes de savoir, vers le passé, le présent et l'avenir. Vers l'avenir – et on avait la divination proprement dite ; vers le passé, le présent et l'avenir – et on avait la sémiotique médicale sous son double aspect de diagnostic et de pronostic ; vers le passé – et on avait le droit* ” (Ginzburg, 1980: 11).

(3) La différenciation entre nature (involontaire) et culture (volontaire) (Ginzburg, 1980: 25). C'est dans cette optique que nous avons pu distinguer la trace, naturelle et involontaire de l'index et de l'empreinte tous deux issus d'un acte sémiotique culturel volontaire. La force probante des effets sur la construction du savoir peut être d'autant plus forte que les traits sont minimes et involontaires (Ginzburg, 1980: 25).

(4) La composante pragmatique du paradigme basée sur une casuistique concrète : comme pour Peirce, l'ancrage dans les événements pratiques non reproductibles rend l'interprétation indissociable de son expérience spécifique réelle. Cette casuistique repose sur “ *une attitude orientée vers l'analyse de cas individuels ne pouvant être reconstituée qu'à l'aide de traces, de symptômes, d'indices* ” (Ginzburg, 1980: 11). La trace, effet (vestige) unique de certaines causes uniques, doit être considérée dans son contexte référentiel spécifique réel en se basant, au travers de comparaisons, sur un répertoire de cas concrets propre à l'interprète. Le paradigme dépend de “ *formes de savoir fondamentalement muettes, au sens où [...] leurs règles ne sont pas susceptibles d'être axiomatisées ni même énoncées* ” (Ginzburg, 1980: 30). Dans ce type de raisonnements ancrés dans la pratique quotidienne, l'expérience, le savoir-faire, les capacités sensorielles de l'interprète interviennent au même titre que son intuition et sa faculté de chercher les détails qui lui permettront d'alimenter son raisonnement.

(5) La « rigueur élastique » indissociable du paradigme selon Ginzburg par sa composante pragmatique issue de l'individuel et du purement qualitatif. Les questions de la compatibilité de la conception quantitative et la rigueur imposée au *statut scientifique* avec ce type de raisonnements basés sur l'expérience unique non reproductible sont ainsi posées. Nous pouvons faire des liens entre la *rigueur élastique* et la notion d'*habitude* de Peirce à savoir l'interprétant final. En effet, l'habitude implique des savoirs antérieurs individuels et culturels qui permettent l'attribution plus ou moins fiable d'une signification au signe. Dans cette optique elle implique de manière implicite une forme de rigueur plus ou moins importante en fonction du contexte d'interprétation pour développer des habitudes éprouvées. Dans les deux notions interconnectées proposées par Ginzburg et Peirce, les probabilités ou les statistiques n'entrent pas fondamentalement en jeu dans ce type de raisonnement, mais interviennent *a posteriori* avec une visée de donner à ce dernier une justification *scientifique*. “ *Le calcul des probabilités visait à donner une formulation mathématique rigoureuse aux problèmes qui avaient été abordés par la divination sous une forme totalement différente* ” (Ginzburg, 1980: 21).

La lecture de l'image par un interprète, qu'elle soit photographique ou non, est fortement corrélée au paradigme indiciaire que nous venons de décrire. Ceci explique ainsi, sans contraction, par la rigueur élastique de l'habitude individuelle, aussi bien la convergence que les divergences d'interprétations des différents observateurs à propos d'une image qui ne signifie rien par elle-même. Ainsi, les cinq composantes de ce paradigme indiciaire jouent un rôle déterminant dans notre analyse de l'image que nous détaillerons dans les chapitres suivants.

## 4.1 L'image comme système dynamique de traces et de signes

Nous avons vu que l'image, et par extension la photographie, est un terme protéiforme qui comprend notamment aussi bien des notions de média, de technique utilisée ou de représentation. Dans notre analyse nous avons aussi pu distinguer l'image photonique de la vue analogique qu'en a un observateur. Dans cette même optique protéiforme, l'index photographique est un objet appartenant au monde extérieur qui est susceptible d'être perçu par un interprète de manière relativement complexe. En effet, un interprète pourra la décomposer potentiellement en de multiples composantes très différentes. L'image photographique contient notamment des vestiges du signal capté, du système d'enregistrement, du dispositif optique utilisé, du savoir-faire de son auteur, des informations contextuelles de capture (métadonnées), etc.

Ces composantes engendrent de nouveaux signes qui reposent sur certaines traces contenues dans l'image. Il faut ainsi considérer l'image photographique comme un système complexe de signes reposant sur des traces tenant lieu de référents différents. Pour être plus précis, il faudrait dire que l'image, objet du monde extérieur, constitue un système d'index et de traces. Ceux-ci proviennent évidemment de l'image formée par le signal enregistré émis par la source primaire ou secondaire, mais elles peuvent aussi provenir notamment du dispositif optique, du système d'enregistrement, des traitements effectués, des métadonnées ou éléments contextuels, des légendes associées, etc. Ces traces peuvent aussi bien être de l'ordre de l'image photonique que de la vue analogique. La perception de ce système de traces par un interprète aboutira potentiellement à « l'invention » dans le monde intérieur d'un système de signes basés sur ces traces qui peut être encore plus complexe et potentiellement sans limites. En effet, chaque trace possède des qualités qui conduisent potentiellement à l'invention de plusieurs signes par un interprète.

Cette fragmentation active et itérative de transformation de ce système de traces en système de signes s'inscrit entièrement dans le paradigme indiciaire que nous venons de décrire. Ce processus nous semble cyclique entre d'une part la fragmentation physique ou conceptuelle des éléments constituant le système de traces et « l'invention » de signes correspondants de la part de l'interprète grâce à ses connaissances, à l'évolution des questions d'intérêt et de son imagination ainsi que des possibilités d'analyse de plus en plus poussées à sa disposition (Figure 23).

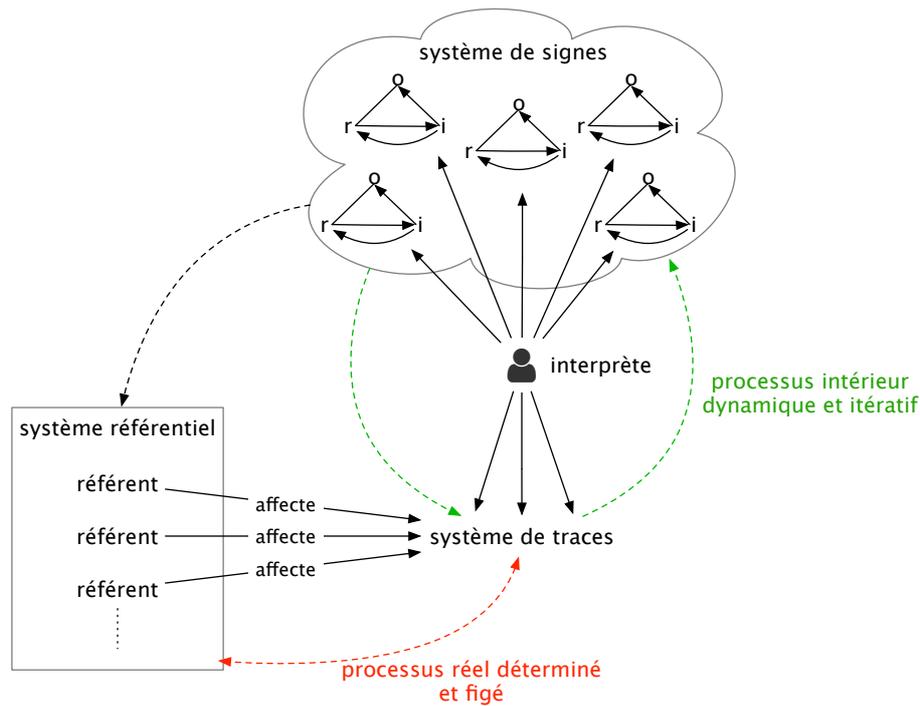


Figure 23 : La trace comme système de traces affectées par un système référentiel et perçue de manière dynamique par un interprète pour en « inventer » un système complexe de signes.

Prenons l'exemple simple de la présence de 20 fibres (8 cotons rouges ; 4 synthétiques et 3 cotons bleus ; 5 fibres animales noires) trouvées sur un siège de voiture. Cet ensemble de 20 fibres constitue un système de traces qui peut être considéré tantôt comme un ensemble, tantôt décomposé en différentes entités en fonction des questions à résoudre par l'interprète. Nous pouvons commencer par décomposer le système en plusieurs qualités différentes : leur nombre, leur couleur et leur type. Il faut remarquer les différentes natures des signes créés à partir des différentes qualités physiques de ce système : le type et la couleur sont des signes qui partagent des qualités avec leur source alors que leur nombre est un signe d'action et de temporalité. Pour certaines questions, le système sera décomposé par couleur, pour d'autres, en fonction du type de fibres. Dans un processus de détermination de la source de la trace, en cas de comparaison avec un vêtement source potentiel rouge et bleu, le système peut être décomposé en fibres correspondantes à la source potentielle à savoir les 8 fibres rouges et les 7 bleues ou même en décomposant les deux types de fibres bleues. Durant les analyses sur le vêtement source potentiel, on remarque qu'il est le support de nombreuses fibres noires. Ainsi, le système trace peut à nouveau être décomposé dans le cadre de l'analyse comparative avec ce vêtement précis en fibres rouges et bleues issues potentiellement d'un transfert direct et les noires d'un transfert indirect. En poussant les analyses dans le détail, nous pouvons imaginer que chaque fibre est elle-même le support de résidus en infime quantité de produits de lessive particuliers qui peuvent s'avérer intéressants d'analyser rendant le système de plus en plus complexe.

Ce bref exemple met en lumière plusieurs aspects de fonctionnement qui nous permet de tirer trois enseignements qui précisent à notre sens le paradigme indiciaire présenté :

- La transformation dynamique du système : le vestige statique du monde extérieur, à savoir l'ensemble de 20 fibres, qu'il s'agit de préserver tel quel, est perçue et transformé dynamiquement intérieurement par l'interprète qui le considère très différemment en fonction de la problématique d'intérêt.

- L'importance de la genèse des effets : par notre analyse de l'image, nous avons déjà pu constater l'aspect fondamental de séparer la genèse du résultat : ce n'est pas le résultat – la ressemblance à la réalité – qui fait qu'une image est photographie, mais plutôt sa genèse – enregistrement d'une trace émise par le référent –. La connaissance préalable ou la conceptualisation des mécanismes généraux de la genèse des effets nous semble tout aussi fondamentale pour l'analyse de toute trace. Cette conception va au-delà de la distinction entre l'origine naturelle ou culturelle des effets. Nous postulons qu'une certaine connaissance ou conceptualisation de la genèse des effets est nécessaire pour ne pas avoir une interprétation naïve ou erronée des effets ou des symptômes. Cette connaissance fonctionne comme une clé de décryptage essentielle à la lecture des traces. Nous pouvons reprendre comme exemple la connaissance de la sensibilité spectrale permettant de détecter certaines pathologies sur des portraits sous la forme de tâches invisibles à l'œil nu qui étaient interprétées comme des défauts des plaques sensibles. Un autre exemple concerne les photographies de « fantômes » ou « d'esprits » obtenues avec des temps de pose élevés sur des sujets en mouvement. La capacité de raisonner à partir de certains effets pour en déterminer les causes doit être encore complétée par une certaine connaissance des processus de production des effets.
- La transversalité de la *rigueur élastique* sur l'ensemble du paradigme indiciaire : la recherche active, la perception et la détermination des effets jusqu'à l'infinitésimal, la transformation dynamique du système traces-signes, la connaissance plus ou moins précise des éléments qui entrent en jeu dans la genèse des effets et qui les influencent, etc. jusqu'à l'évaluation des causes ou sources possibles, voire probables. Cette transversalité de la rigueur élastique dans le paradigme est telle qu'il est illusoire de considérer que la problématique de la justification du statut scientifique puisse porter uniquement sur une reconstruction probabiliste *a posteriori*. Cette reconstruction ne pourra pas couvrir l'ensemble des mécanismes forcément incertains du paradigme.

## 4.2 La discrétisation de la vue analogique

En complément à la considération d'un système de traces tel que nous venons de le décrire, il faut encore prendre en compte un autre aspect du fonctionnement de la lecture analogique d'une image par un interprète qui trouve son origine d'une part dans le processus d'identification des unités visuelles et d'autre part dans la composante du paradigme indiciaire qui donne le détail comme base indispensable à la construction d'un modèle plus large. Dans une logique de recherche active de détails révélateurs d'une réalité plus profonde que la vision d'ensemble ne permet pas forcément d'appréhender, la vue analogique globale sera discrétisée dynamiquement et itérativement en unités visuelles sémiotiques indépendantes ou en relation avec d'autres unités englobantes suivant les cinq règles définies par le groupe  $\mu$ . La vue analogique est donc elle-même aussi fractionnée et transformée en unités visuelles identifiantes qui agissent comme des marques particulières indépendantes ou interconnectées de l'ensemble de départ.

Ainsi, ce processus de lecture de l'image par un observateur représente lui-même une transformation dynamique d'un système de représentation. Ces transformations dynamiques de la vue analogique sont soumises aux mêmes contraintes pragmatiques et de rigueur élastique du paradigme indiciaire et du répertoire de l'interprète et donc dépendantes de son expérience, de son savoir-faire et de ses savoirs latéraux.

## 5 Le signe photographique

Nous avons pu déterminer que la connaissance et la prise en compte par un interprète de la genèse de l'image photographique, l'*arché* de son enregistrement, lui confèrent le statut d'indice. Nous en avons donc conclu que l'essence sémiotique de la photographie réside dans son statut de trace d'un réel. En accord notamment avec la logique hiérarchique proposée par Peirce, l'indice implique l'icône, ce constat essentiel n'efface absolument pas l'importance iconique, et notamment celle de ressemblance au réel (miroir du réel), que peut revêtir la photographie. Complémentairement, nous avons vu que la photographie est un *artefact* communicationnel volontaire d'où découlent les notions d'index et d'empreinte que nous avons définies précédemment et qui, de plus, est lu et interprété par un être culturellement codé. Ainsi, à l'indice et l'icône, peut s'ajouter le symbole. Il ne faut donc pas ignorer l'importance indexicale de transformation du réel ni celle de la codification symbolique de la photographie. Il est nécessaire de considérer au contraire que ces trois fonctions indiciaire, iconique et symbolique sont en tension permanente dans la lecture d'une image photographique en fonction du contexte d'émission et de réception. Il faut considérer aussi que la relation entre ces trois fonctions est d'une part dynamique selon le contexte de lecture et d'autre part plutôt complémentaire que concurrente. La prévalence évolutive d'une fonction par rapport aux autres à un moment donné de l'analyse est à considérer dans sa relation avec les autres fonctions et pas isolément.

L'image photographique possède donc trois fonctions informationnelles différentes dans sa dynamique émettrice par un opérateur ou réceptive par un interprète : celle du statut indiciaire essentiel de la photographie qui relève de l'image photonique et qui entretient une relation d'enregistrement par rapport au signal issu de son référent. Dans la hiérarchie Peircienne, l'indice nécessitant l'icône, la fonction du signe est donc celle de l'indice iconique. Deuxièmement, il y a la fonction qui correspond à la lecture iconique de l'indice qu'en aura un interprète. La lecture iconique de l'indice entretient cette fois une relation d'analogie avec son référent (Schaeffer, 1987: 101) connaissant l'*arché* de son enregistrement. La troisième fonction est celle de l'habitude et de la transformation des indices iconiques en significations.

En résumé de notre analyse sur les trois fonctions, nous pouvons donc proposer le tableau récapitulatif suivant du signe photographique adapté de celui proposé par Schaeffer (Schaeffer, 1987: 101).

<i>Support informationnel</i>	<i>Fonction du signe</i>	<i>Relation avec l'objet</i>	<i>Relation avec l'interprétant</i>
<b>Image photonique</b>	Indice iconique	Enregistrement physique	- Savoir de l' <i>arché</i> - Savoir latéral sur le référent
<b>Vue analogique</b>	Icône indiciaire	Ressemblance ou analogie	- Unités visuelles identifiantes - Savoir latéral sur l'aspect visuel du référent
<b>Lecture habituelle, culturelle ou institutionnalisée</b>	Symbole iconique indiciaire	Stratégies communicationnelles habituelles, culturelles ou institutionnalisées	- Connaissance des règles et usages des stratégies communicationnelles - Savoir latéral sur le contexte spatio-temporel et institutionnel

Tableau 4 : Les trois fonctions du signe photographique et leur support informationnel respectif adapté de Schaeffer (Schaeffer, 1987: 101).

## 5.1 Les trois pôles du signe photographique

Selon le modèle Peircien du signe que nous avons suivi, le signe est une relation triadique indécomposable entre un representamen, un objet et un interprétant. Cependant, pour comprendre et décrire l'image photographique comme signe dans sa spécificité, il nous paraît intéressant de le considérer sur les trois pôles du signe de manière distincte (Schaeffer, 1987: 69) au risque d'être parfois caricatural et d'amener certaines simplifications voire incohérences par rapport à une approche triadique trop complexe à décrire.

### 5.1.1 Le pôle du representamen

La problématique des fonctions indiciaires, iconiques et symboliques du signe que nous venons de décrire est à ranger du côté de la nature du representamen en relation avec l'objet et l'interprétant du signe (Schaeffer, 1987: 69). La photographie, étant un objet existant, donc second, est un sinsigne ; la connaissance de la genèse photographique implique la nature indiciaire de la relation fondamentale de ce sinsigne avec son référent ; cette fonction indiciaire essentielle n'exclut cependant pas les fonctions iconiques et symboliques véhiculées par le signe pour un interprète comme résumé dans le Tableau 4.

### 5.1.2 Le pôle objet

Concernant le pôle objet du signe, il nous paraît concerné par les objets du signe sur lesquels l'interprétant s'appuie pour en signifier quelque chose à un moment donné. C'est dans ce pôle qu'intervient une typologie des objets d'intérêt qui nourrissent l'interprétant. Par simplification, nous pourrions parler ici d'une typologie des *signifiants* en gardant à l'esprit qu'une telle notion est simplificatrice, car elle ne tient notamment pas compte des fonctions indicielles, iconiques et symboliques que le representamen possède en relation avec eux. Cette typologie des signifiants soulève aussi plusieurs questions auxquelles nous nous efforcerons de répondre dans la mesure du possible pour chaque type de signifiants. La première question est de déterminer le plus précisément possible ce qui caractérise chaque

type par rapport aux autres. Une deuxième question concerne le support informationnel sur lequel il repose et si des affinités électives entre chaque type et certaines fonctions du signe existent. La troisième est d'étudier le rapport qu'entretient ce signifiant du signe avec le référent réel de la trace. Enfin, la dernière question est de l'ordre de l'émission du signe : quelles sont les préoccupations de l'opérateur pour optimiser une réception spécifique à un type de signifiant ?

Concernant la typologie des objets du signe, selon Schaeffer, celui-ci peut notamment considérer respectivement une entité ou un fait (Schaeffer, 1987: 69). A notre sens, cette typologie peut au moins être complétée par deux types de signifiants supplémentaires. En effet, la distinction que nous avons établie entre l'objet du signe et le référent réel de la trace – ou plus précisément de l'index – permet d'ajouter à cette typologie les mesures et les énoncés plastiques. Il faut considérer ces différents signifiants, mesures, entités, faits, énoncés plastiques, comme faisant partie du processus dynamique évolutif en fonction des cycles du processus interprétatif. De plus, la considération de l'objet du signe peut porter sur plusieurs types d'objets simultanément, successivement voire itérativement.

L'exemple d'une image d'exécution d'une personne, malheureusement véhiculée ces dernières années par certains groupes terroristes, peut être interprétée sous son aspect de fait : l'exécution. Dans cette optique, cette image atteste de la réalité de ces pratiques et de cet événement individuel et, par déduction, signifie le décès de la personne exécutée (entité physique). Sous cette considération du fait, cette image peut aussi provoquer par certains signifiants (énoncés plastiques) un sentiment d'horreur et de terreur chez certains interprètes ou de courage et de dévouement chez d'autres. Lorsque la lecture de cette image porte au contraire uniquement sur des entités spécifiques présentes sans considérer le fait rapporté et identifié, le signe photographique est approché différemment et perd potentiellement la signification émotionnelle véhiculée par la considération du fait en question. L'image signifie alors par exemple qu'il s'agit d'un groupe terroriste spécifique (entité conceptuelle), ou est utilisée pour identifier une entité spécifique, comme c'était le cas pour « Jihadi John » avec notamment l'utilisation du réseau veineux visible sur les mains de l'exécuteur pour l'identifier alors qu'il était masqué (Rayner et Beach, 2014). La manière de réceptionner le signe photographique par un interprète dépend donc des types de signifiants du signe considérés dynamiquement à un moment donné. Nous avons déjà remarqué que la sémiotique photographique s'inscrit dans un processus circulatoire entre un émetteur et un récepteur et que ces deux personnes, souvent différentes, opèrent dans des contextes séparés relativement hermétiques l'un par rapport à l'autre. La volonté émettrice n'est donc pas forcément connue ni considérée par le récepteur qui peut procéder à sa lecture en toute indépendance. Dans notre exemple, si l'émetteur souhaitait témoigner au niveau du fait et qu'il a réalisé la photographie dans ce but, rien n'empêchera pour autant le récepteur d'en rester aux mesures ou aux entités présentes sans se préoccuper du fait en question. Ainsi, il peut exister une rupture entre la volonté émettrice et celle de réception. Du moins, rien n'empêche cette rupture entre les contextes.

## Les mesures

Les mesures sont des grandeurs, qualitatives ou quantitatives, à propos du référent considéré, exprimées par des valeurs numériques. Les mesures peuvent porter aussi bien sur des données spatiales (dimensions, angles, distances, etc.), temporelles, d'intensités de signal ou de contraste, colorimétriques, que de décalage de phases, etc. Elles sont donc intimement liées à fonction d'indice iconique du signe et ont une relation directe avec le référent réel de la trace. La relation iconique du signe avec le référent n'est pas de l'ordre de la ressemblance visuelle, mais d'une grandeur qu'il partage avec le référent par une analyse.

La mesure se rapporte ainsi à une réception mathématique ou cybernétique (Schaeffer, 1987: 74) du signe pour laquelle une vue analogique n'est pas forcément nécessaire au même titre que tout appareil

analytique. Elle peut opérer aussi bien dans des systèmes automatiques complètement fermés sur l'image photonique que dans des systèmes ouverts, voire itératifs, avec la vue analogique.

En opérant au niveau de la réception mathématique de l'image, la mesure peut bien entendu appuyer les principes d'attestation d'existence, d'unité, de désignation et d'individualité propres à l'indice, mais elle doit en revanche potentiellement se soumettre à certaines contraintes liées à la validité de la réception mathématique. Comme tout appareil analytique, un protocole d'analyse, de calibration et de contrôle doit être établi afin de garantir notamment la précision et l'exactitude des mesures.

La mesure reste dans l'espace capté de l'image ou à l'intérieur du média. Même s'il est possible de faire des mesures de distance sur la position géographique de prise de vue par rapport à la scène, cette position fait partie de l'espace tridimensionnel capté. Il est aussi possible de réaliser des mesures d'une image vers une autre, mais il faut pour cela que les images aient un espace commun de comparaison ou des conditions photographiques (optique, conditions d'éclairage, ou autres) fixées préalablement en fonction du type de mesures. Nous pouvons dire à ce stade de notre analyse que les mesures sont principalement « référentielles », car elles adhèrent directement au référent.

La production de l'image elle-même peut avoir pour objectif principal ou secondaire la mesure comme ce sera le cas dans certaines expériences scientifiques en astronomie et aussi en imagerie forensique avec notamment le recours à la photogrammétrie sur des scènes de crime, la stéréoscopie sur les scènes d'accident de la circulation, les mesures colorimétriques sur les pilules (d'ecstasy ou de médicaments), l'intégration systématique de repères métriques sur toutes les photographies produites, etc. L'image est donc produite et conçue par l'opérateur, au moins en partie, dans l'optique d'une réception mathématique. En général, cette production nécessite un protocole établi pour garantir la précision et l'exactitude des mesures envisagées.

Cependant, la réception mathématique ne nécessite pas forcément un mode de production dédié et peut intervenir sur toute image *a posteriori*. Ce sera le cas par exemple dans la détermination de la hauteur d'une personne ou de la vitesse d'un véhicule à partir d'images de caméra de surveillance qui ne sont pas initialement prévues pour cet usage mathématique. Il faudra mettre en place d'autres types de protocoles ou méthodes mathématiques pour garantir à nouveau la précision et l'exactitude nécessaires aux mesures.

## Les entités

Les signifiants qui portent sur les entités opèrent principalement au niveau de la vue analogique de l'interprète et sont donc principalement de l'ordre de la fonction iconique de l'indice. Connaissant la genèse de la photographie, la ressemblance visuelle analogique des entités présentes dans la scène sont essentielles à leur reconnaissance et réception sémiotique par l'interprète en suivant les processus d'identification des unités identifiantes décrits précédemment lors du processus de collecte d'information. Les entités signifiantes considérées à ce stade sont des types d'unités transformées, reconstruites, reconnues et stabilisées. Tout comme les mesures, les entités ont une correspondance directe avec le référent de la trace photographique. Dans le cas de la considération des signifiants comme objets du signe photographique, il y a même une forme d'adéquation immédiate avec le référent du monde extérieur. La célèbre boutade de René Magritte « *Ceci n'est pas une pipe* » dans son tableau « La trahison des images » (1928-1929) illustre bien la transparence et l'immédiateté de la relation que peut entretenir l'entité signifiante avec son référent pour un interprète.

Dans le contexte d'émission par un opérateur, la production des images qui ont pour objectif une réception au niveau des entités privilégie une pose favorisant les visualisations identifiantes de ces entités. C'est dans cette optique que des protocoles sur la pose, le point de vue, la mise au point, ainsi que les conditions optiques et d'éclairage sont établis afin d'optimiser les visualisations identifiantes et uniformiser des collections. Comme exemple de ce genre de protocole d'optimisation et d'uniformisation,

on pense évidemment à la photographie signalétique élaborée par Bertillon dès 1888. Même si elle est sans conteste la plus emblématique et que certaines pratiques en sont probablement un héritage, la photographie signalétique n'est de loin pas le seul exemple que l'on peut trouver dans le domaine judiciaire : la fixation du point de vue de manière perpendiculaire et parallèle au référent permettant une vision plane et de dessus, la fixation des conditions d'éclairage et de prise de vue pour optimiser les comparaisons entre entités en sont d'autres exemples.

### Les faits

Les faits opèrent au même niveau de la vue analogique de l'interprète que les entités et ont aussi une certaine affinité avec la fonction iconique de l'indice. Le signifiant sur le fait nécessite préalablement l'identification stabilisée des entités qui la composent. On pourrait dire que les entités précèdent le fait, mais cela concerne uniquement les entités nécessaires à la stabilisation identificatrice du type de fait. La distinction entre entités et faits se situe aussi dans la relation avec le référent photographique. Au contraire de l'entité, le fait, comme signifiant du signe, relève d'une analyse situationnelle et relationnelle globale de la représentation supplémentaire. Le fait photographique correspond à une configuration d'entités. Le fait va au-delà du lien direct avec le référent physique qui relève des entités. Il ne s'agit plus de visualiser des entités statiques, mais de déterminer, au travers de la double coupe spatiale et temporelle de l'image photographique fixe, l'action dynamique qui s'y déroule. Les positions et postures actives, les expressions, jouent un rôle important. Contrairement aux mesures et aux entités, l'analyse sur le fait porte sur l'action et l'interaction entre les entités présentes, mais aussi entre celles non présentes dans la coupe spatiale : le hors champ et sa relation avec les entités du champ capté prennent toute leur importance. Cependant, l'image photographique demeure une coupe temporelle et spatiale fixe de l'événement. Cette coupe entraîne forcément une forme d'ambiguïté sur ce qui précède l'instant photographié et ce qui suit aussi bien que sur le hors champ. « *Un instant photographié n'acquiert de sens que dans la mesure où celui qui regarde peut y lire une durée qui dépasse cet instant même. Quand nous trouvons qu'une photographie a du sens, nous lui prêtons un passé et un futur* » (Berger, 1981: 89).

Dans le contexte d'émission, l'opérateur recherche, non plus simplement l'optimisation identifiante des entités, mais surtout le moment clé, le point culminant de la tension de l'événement ou du fait : le *climax*. Le choix de l'instant de la capture par rapport à l'événement correspond à la préoccupation majeure de l'opérateur. Un photographe de mariage connaît par cœur les moments cruciaux à photographier pour ce genre d'événement ; moments auxquels il consacrera une attention toute particulière.

Par la coupe spatio-temporelle fixe de la photographie, l'opérateur cherchera à intégrer dans cette coupe le plus d'informations contextuelles de l'événement pour la rendre la plus lisible possible dans la considération du fait. On retrouve en quelque sorte ici la même idée que celle du reportage, mais au niveau de chaque image.

### Les énoncés plastiques

Les signifiants plastiques sont probablement les plus difficiles à traiter tellement la problématique est vaste. Le groupe  $\mu$  a particulièrement insisté sur ces notions en consacrant des ouvrages entiers sur le fonctionnement de ce qu'ils appellent le *signe plastique* (notamment : Edeline, Klinkenberg, et al., 1992) et qu'ils distinguent du *signe iconique*. Nous avons décidé de ne pas suivre cette optique, car elle s'intègre difficilement dans la posture logique du signe défini par Peirce que nous avons décidé d'adopter. En effet, où situer le signe plastique comme signe à part entière dans la trichotomie hiérarchique entre icône, indice et symbole ? De l'avis du groupe  $\mu$  même, situer le signe plastique est malaisé dans la typologie

des signes (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 195). A notre sens, le « signe plastique » tient à la fois de l'icône, de l'indice et du symbole comme tout signe dans la logique de Peirce. C'est pourquoi, nous plaçons ce que le groupe  $\mu$  nomme signe plastique au niveau des signifiants du pôle objet du signe triadique. En plaçant conceptuellement les énoncés plastiques des images au niveau des signifiants du pôle objet, ils peuvent hériter à la fois des fonctions iconiques, indiciaires et symboliques que nous avons situées au niveau du pôle du representamen. La position conceptuelle choisie ici ne remet aucunement en question les fonctionnements des éléments plastiques décrits dans leurs travaux dont nous reprenons, de manière simplificatrice et succincte, les éléments généraux (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 186-254).

Au même titre que le fait, le signifiant plastique ne fonctionne guère par lui-même, mais plutôt comme une configuration relationnelle entre unités. Il y a cependant des distinctions majeures entre le fonctionnement des signifiants plastiques par rapport au fait : il fonctionne principalement par opposition ou comparaison des éléments entre eux : clair/obscur, vert/rouge, rugueux/lisse, haut/bas, fermé/ouvert. Ces oppositions sont actualisées en permanence dépendant de leurs configurations spécifiques et des oppositions opérantes. Un clair peut être clair par rapport à un foncé, mais foncé par rapport à plus clair. Ainsi, une unité plastique ne fonctionne pas comme un *token* d'un type, comme le serait une entité, mais plutôt comme un élément d'une opposition définie dans le cadre d'un énoncé spécifique. L'énoncé plastique a donc deux rôles : il « *inhibe ou excite l'identification de tel ou tel couple en puissance dans le système* » (Edeline, Klinkenberg, et al., 1992: 191) et il détermine aussi la place de l'unité dans ce couple oppositionnel. L'énoncé permet donc aussi de définir en quelque sorte la pertinence des oppositions opérationnelles et la position de l'élément dans cette opposition.

Les signifiants plastiques s'organisent donc dans le cadre d'un énoncé définissant des oppositions pertinentes au contexte selon la classification d'unités plastiques suivante :

- Les couleurs (teintes, luminances, saturations ...) ;
- Les textures déterminées par la répétition d'éléments microtopographiques qui forment des unités texturales ;
- Les formes selon leurs dimensions, positions, orientations, leur disposition dans l'espace ;

La fonction de ces unités plastiques est double : tantôt elles opèrent comme descripteurs dans le processus de collecte d'informations permettant la reconnaissance stabilisée de types d'unités sémiotiques propres aux signifiants sur les entités, tantôt elles opèrent directement comme signifiants dans le cadre d'un énoncé oppositionnel. Ainsi, comme descripteurs dans le processus de collecte, elles agissent dans la fonction iconique de l'indice et donc au niveau de la vue analogique alors que comme signifiants, elles opèrent préférentiellement dans la fonction symbolique de l'indice iconique et donc au niveau de la lecture culturelle.

Outre ces trois types de signifiants plastiques directement liés à l'expérience perceptive, certains auteurs (Joly, 2005: 102) définissent des signifiants plastiques spécifiques à l'image, qui ont un caractère purement conventionnel comme le cadre, le cadrage, la composition, la perspective, le point de vue, l'expression ou la pose du modèle. Ces signifiants plastiques spécifiques ne fonctionnent pas forcément par opposition dans un énoncé pertinent comme les couleurs, les textures et les formes. Cependant, ces signifiants opèrent au niveau de la lecture culturelle et institutionnelle et dans la fonction symbolique.

Dans le contexte d'émission des signifiants plastiques, l'opérateur a donc une infinité de possibilités d'agir : sur les choix de compositions de couleurs, de textures, de formes, mais aussi sur les expressions, sur le type d'éclairage, sur le cadrage, le point de vue, et ainsi de suite. L'opérateur devra établir ces choix plastiques dans une optique d'opposition ou au contraire de cohérence selon les énoncés qu'il souhaite privilégier dans l'élaboration de son message plastique. Il faut remarquer qu'étant donné le double rôle des éléments plastiques aussi bien au niveau de la reconnaissance iconique que de signifiants

symboliques, il y a une relation étroite entre, d'un côté, l'optimisation identifiante des entités et, de l'autre, l'élaboration du message plastique proprement dit.

### La portée des signifiants indiciaires ou la question de la pertinence

Nous avons déjà pu souligner que la photographie est de nature complexe, tantôt contenu, contenant, artefact issu du savoir-faire d'un opérateur ou résultat d'un protocole de travail institutionnel. Dans le pôle objet, nous avons défini les signifiants comme étant les objets du signe sur lesquels l'interprétant s'appuie pour en signifier quelque chose sur le référent considéré à un moment donné. Il nous paraît cependant important de compléter la description du signifiant d'une composante supplémentaire : sa portée référentielle. La portée des signifiants correspond à la question : *ceci est un signe, mais c'est un signe de quoi ?*

Le rattachement de la portée du signifiant au pôle objet du signe plutôt qu'au pôle interprétant est discutable, mais nous pouvons justifier ce choix par le fait que pour être inventé par l'interprète, un signe doit savoir potentiellement de quoi il tient lieu pour pouvoir être identifié comme signe bien avant de pouvoir signifier quelque chose sur lui. Pourquoi le chasseur chercherait-il des traces sur le sol (signifiant) s'il ne sait pas, ou ne fait pas l'hypothèse, que de telles traces se rapportent bien au fait qu'un animal est passé par là et qu'il faut qu'il suive ces traces (signifié) ?

En considérant le système de traces photographiques, nous avons considéré une typologie de signifiants émanant du contenu de la représentation photographique qui sont les plus spécifiques à la photographie. Cependant, les signifiants potentiels de la photographie ne se limitent pas au référent photographique. Elle est une nouvelle fois relativement complexe et mérite d'être mieux précisée. Il faut tout d'abord distinguer les référents primaires de ceux secondaires par le mécanisme de renvois successifs potentiellement infini comme décrit dans les Figure 7 et 8. La portée du principe d'attestation de la photographie se limite au référent primaire : une photographie d'une trace papillaire atteste de l'existence de cette trace et de ses qualités, mais elle ne dit rien de la source de cette trace (référent secondaire) ; un portrait atteste de l'apparence physique d'une personne, mais pas de son identité. En se limitant au niveau primaire, le contenu photonique se rapporte aussi bien au référent photographique, à la source de lumière qu'au dispositif d'enregistrement. La vue iconique indiciaire se rapporte quant à elle principalement au référent photographique, mais aussi au système optique, au type d'enregistrement, à la mise en scène photographique, à certains protocoles ou procédures de travail, etc. La Figure 24 présente un aperçu non exhaustif de la portée des signifiants indiciaires primaires potentiellement identifiés par un interprète dans le système de traces photographiques.

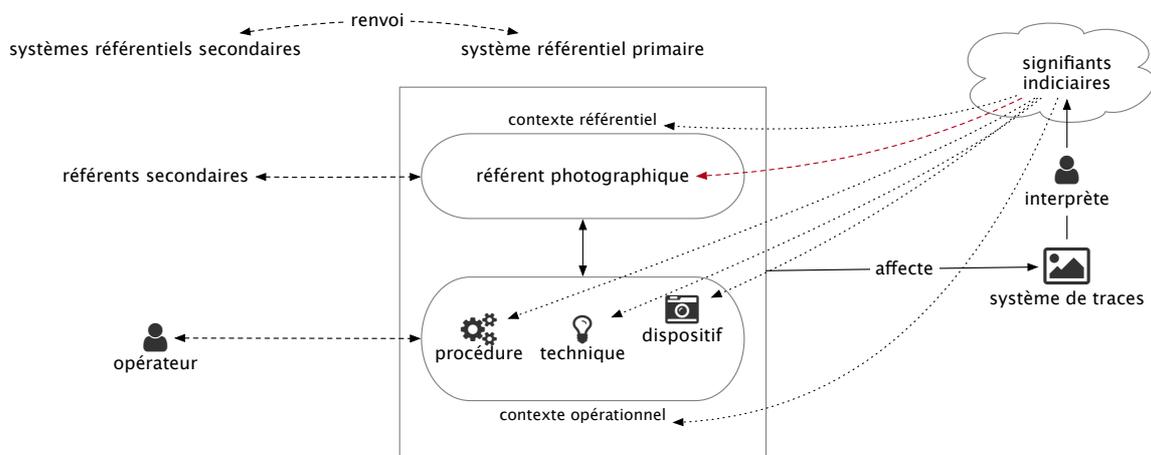


Figure 24 : La portée des signifiants du signe photographique.

Répondre à cette double détermination liée à l'interprétant, à savoir déterminer *quoi tient lieu de quoi* pour un interprète, c'est répondre en quelque sorte à la question de la pertinence : ce signifiant est pertinent, pour cet interprète, dans le sens où il le considère en rapport avec cet objet dont il est question sans savoir encore ce qu'il signifie par rapport à cet objet.

### 5.1.3 Le pôle de l'interprétant

Enfin, le pôle interprétant peut être assimilé au terme de *signifié* en relation avec le *signifiant* du pôle objet considérant le representamen. Quand on parle de signifié, il faut d'une part le considérer en rapport avec les deux autres pôles du signe triadique et d'autre part l'assimiler à la signification de l'interprétant final donné par l'habitude de l'interprète plutôt qu'aux interprétants intermédiaires issus à chaque cycle interprétatif. Il ne faut pas non plus confondre l'interprétant avec l'interprète. Bien sûr, c'est au niveau de l'interprétant que l'apport de l'interprète intervient de manière prépondérante. Cependant au fil des cycles interprétatifs son apport se propage aussi vers les autres pôles du signe, l'interprétant d'un cycle s'ajoutant au representamen pour le cycle suivant jusqu'à l'habitude. Nous pouvons illustrer ce mécanisme par l'exemple suivant : un interprète regarde une photographie ; pour que ce dernier considère celle-ci comme un indice, il doit connaître l'*arché* photographique (savoir latéral) et il est nécessaire lors d'un cycle triadique que l'interprétant revoie la signification de reconnaissance indiciaire à l'image en question. Ayant acquis la considération de cette image comme indiciaire, ce processus itératif se poursuit jusqu'à l'interprétant final que nous assimilons ici au signifié. A travers le décortilage de ce processus, on remarque que le savoir latéral sur l'*arché* photographique de l'interprète agit bel et bien initialement au niveau de l'interprétant, puis se transfère vers le pôle du representamen au fur et à mesure des cycles suivants.

Le pôle interprétant semble de loin le plus complexe et probablement indéfinissable totalement. En effet, c'est au niveau des signifiés que la rigueur élastique du paradigme indiciaire prend tout son sens : il sera impossible d'obtenir une uniformité totale des signifiés à partir d'un signifiant ou type de signifiants. Cependant il semble exister certaines règles de fonctionnement qui réduisent le champ des possibles pour aboutir à des convergences sémiotiques partageables de manière plus ou moins fiable et rigoureuse. Il ne s'agit donc pas d'établir un inventaire, forcément incomplet et incertain, des signifiés possibles de chaque type de signifiants. Il nous paraît plus adapté de présenter et décrire brièvement les principaux éléments d'intérêts qui interviennent dans l'établissement de ces signifiés. Ces éléments se séparent en deux familles. Il y a d'un côté les éléments liés au fonctionnement communicationnel et ses règles, à savoir : la différence entre la dénotation et la connotation, les règles constitutives de la photographie et celles normatives. De l'autre côté, les éléments provenant de l'interprète : l'apport actif de l'interprète au signifié peut se placer sur plusieurs niveaux dont notamment : ses savoir latéraux, la mise en contexte spatiale, temporelle, culturelle et institutionnelle, et ses motivations ou questions d'intérêts.

#### Le fonctionnement communicationnel

##### La connotation et la dénotation

Quel que soit le type d'objet considéré, la tentation est grande dans une image photographique de se réfugier systématiquement dans la simple visualisation identificatrice des entités visuelles qui correspond à ce que l'on a appelé la collecte d'informations. L'image que j'observe est une photographie d'un arbre, cette texture celle d'une écorce, la couleur des feuilles est verte, etc. Cette collecte d'information, qui correspond à l'identification de cette unité visuelle, aboutit à un premier niveau de signification appelé la dénotation dans le sens de référentiel (Joly, 2005: 134). Ce que je vois sur cette image correspond à ce que j'identifie comme un arbre vert par rapport au référent réel photographié. Cependant, ce même arbre, une fois identifié comme arbre peut évoquer d'autres significations secondes qui ne sont plus liées directement à l'identification référentielle de l'entité : la forêt, la nature, l'air pur, la tranquillité, la

campagne, etc. Ce second niveau de significations indirectes, ce « discours secret », c'est ce que Barthes a appelé la connotation dont il décrit le fonctionnement dans le schéma suivant inspiré des travaux de Hjelmslev (1968). “ *En somme, tous ces « arts » imitatifs comportent deux messages : un message dénoté, qui est l'analogon lui-même, et un message connoté, qui est la façon dont la société donne à lire, dans une certaine mesure, ce qu'elle en pense* ” (Barthes, 1961: 128-129).

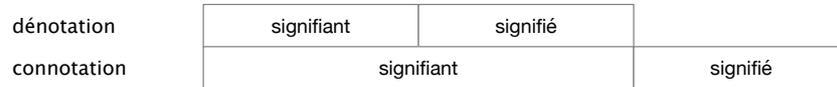


Figure 25: Fonctionnement de la dénotation et de la connotation (adapté de Barthes, 1957: 187).

Dans la logique analytique du signe de Peirce, cette distinction entre dénotation et connotation n'est pas nécessaire et ne correspond pas à des niveaux de signification différenciée, mais simplement à des interprétants différents des cycles interprétatifs du signe triadique. Ceux-ci font appel, pour le dénoté, à l'icône dans une optique référentielle alors que les connotations sont de l'ordre du symbole culturel. Cependant, la distinction de ces notions nous semble pourtant très utile pour comprendre le fonctionnement du signe. Elle permet de distinguer la fonction iconique du signe en rapport avec son référent de sa fonction symbolique pour un interprète. Nous pourrions donc considérer que ces niveaux dénotatifs et connotatifs correspondent à des étapes clés dans les cycles triadiques : la dénotation à l'étape informationnelle iconique et les connotations à celles des significations symboliques indirectes, moins précises, parfois plus mystérieuses et individuelles. La dénotation opère dans le singulier, l'identification de l'entité, alors que les connotations sont plurielles et diversifiées selon les interprètes.

Les connotations décrivant d'autres significations, un *bruit volontaire* ou une *contre-communication* (Barthes, 1970: 15), il serait souhaitable de les éviter ou les minimiser pour s'assurer d'un langage neutre, scientifique. L'objectivation de la représentation passerait par la neutralisation de toute connotation. Une telle vision est malheureusement simplificatrice, car la connotation est aussi intimement inscrite et induite dans la structuration même du sens dénotatif chez un interprète et de la lecture qu'il aura du signe (Gary-Prieur, 1971: 107). On pourra prendre pour exemple la considération prioritaire systématique du centre de l'image, quelle que soit l'entité identifiée. La position stylistique de l'entité dans l'image s'inscrit avant même l'identification de celle-ci. Ainsi, la position est un critère de pertinence dans le sens où il attribue une connotation d'importance dans la considération de l'entité informationnelle lors de la lecture de l'image. La position, n'est de loin pas le seul élément stylistique ou plastique, toute rupture, tout contraste, mettent en évidence l'entité à considérer en premier. Selon cet exemple, en reprenant la Figure 25, il faudrait au moins pouvoir intervertir les termes dénotation et connotation dans le fonctionnement du signe comme dans la Figure 26, le signifié « important » connoté du signe impliquant l'identification du signifiant pertinent à dénoter.



Figure 26 : Réversibilité du fonctionnement du signe entre dénotation et connotation.

### Les règles communicationnelles

Schaeffer distingue deux types de règles communicationnelles : les règles *constitutives* de la photographie qui sont nécessaires à la réception spécifique de l'image comme photographie et les règles *normatives* qui sont purement contextuelles (Schaeffer, 1987: 108-127).

### *Les règles constitutives*

Les règles constitutives sont celles inhérentes à la considération de l'image photographique comme enregistrement d'une trace, c'est à dire comme index. Dans cette optique, les règles constitutives sont stables et peu nombreuses. En fait, nous avons déjà largement décrit ces règles précédemment.

La première règle constitutive communicationnelle correspond à la reconnaissance et la considération de l'image comme étant photographique. Cette considération intervient lors de sa réception par un interprète connaissant *l'arché* présumé de sa genèse. Nous ajoutons l'adjectif « présumé », car la question de savoir si l'image en question est *effectivement* une photographie est une autre problématique que la règle en elle-même. En effet, la retouche, le truquage, le photomontage, la réalité virtuelle ou la légende textuelle sont parfois autant d'outils utilisés par l'opérateur pour faire accepter par l'interprète la règle de reconnaissance de l'image comme index alors qu'effectivement elle ne l'est pas. Une fois cette première règle de reconnaissance comme index acceptée par un interprète fonctionnant comme clé d'entrée découlent les quatre autres règles constitutives que nous avons appelées dans les chapitres précédents respectivement les principes d'individualité, d'unité spatio-temporelle, d'attestation d'existence et de désignation.

Du point de vue de la réception pragmatique de l'image par un interprète, dès que ce dernier prend la décision d'accepter de reconnaître l'image comme étant une photographie, celle-ci hérite des quatre principes qui en découlent. Pour prendre cette décision, l'interprète, connaissant la genèse photographique, se base notamment sur des examens visuels de cohérence, de vraisemblance et de restitution de la vue analogique ainsi que sur des vérifications des principes d'unité et d'existence. Ainsi, certains principes constitutifs des index photographiques sont à la fois utilisés comme support à la décision de la reconnaissance comme photographie et comme propriétés communicationnelles héritées suite à cette décision.

### *Les règles normatives*

Au contraire de celles constitutives, les règles normatives ne découlent pas de la spécificité de la photographie, mais sont purement contextuelles et motivées par des stratégies communicationnelles. Ces stratégies communicationnelles, dans une optique d'un processus sémiotique circulatoire entre émetteur et récepteur différents, opèrent par anticipation au niveau du contexte d'émission pour tenter d'en influencer spécifiquement la réception, celle-ci reste toutefois indépendante et incontrôlable par l'émetteur. Pour qu'il y ait un message, il faut une intentionnalité de l'émetteur pour le récepteur. Sans intention sémiotique de l'émetteur, l'index s'efface par rapport à la trace et ne reste qu'une pure interprétation réceptive. Cette intentionnalité, pour formuler le message souhaité par l'émetteur, s'appuie sur certaines stratégies communicationnelles circulatoires qui se construisent, de manière plus ou moins fiable, à partir de certaines règles normatives de fonctionnement.

Schaeffer propose un tableau de différentes stratégies sémiotiques qui possèdent, dans une optique oppositionnelle, certaines « affinités électives dynamiques » à chacun des trois pôles du signe que nous reprenons dans le Tableau 5 (Schaeffer, 1987: 72).

		interprétant	
		Temporalité (+) Spatialité (-)	Spatialité (+) Temporalité (-)
representamen	Objet	Entités	État de fait
	Indice (+) Icône (-)	Trace	Description
	Icône (+) Indice (-)	Protocole d'expérience	Témoignage
		Souvenir	Présentation
		Remémoration	Monstration

Tableau 5 : classification de certaines stratégies communicationnelles selon les trois pôles du signe (repris de Schaeffer, 1987: 72).

Au niveau du pôle du representamen, certaines stratégies s'appuieraient préférentiellement sur la fonction iconique alors que d'autres sur celle indicielle ; pour le pôle objet, il en serait de même entre les entités et les faits, etc. Ce bref inventaire de stratégies a le mérite de rapidement les situer par rapport aux trois pôles. Cependant, ce système d'oppositions pose un certain nombre de problèmes, que l'auteur reconnaît lui-même. Il nous paraît en effet contradictoire d'opposer les fonctions indicielles et iconiques du signe étant donné leur relation hiérarchique. Par exemple, la case description de ce tableau renvoie prioritairement à l'indice, mais on voit mal la description d'une entité partageant avec elle une relation iconique faible. Il faudrait probablement dans le cas de la description, une ligne de plus dans le tableau avec la configuration Indice (+) et Icône (+) de complémentarité des fonctions du signe. De plus, nous avons aussi défini au niveau du pôle objet une typologie plus complexe que la distinction entre entités et états de fait qui rend l'élaboration d'un tel tableau trop complexe et incertain. Nous proposerons donc dans les chapitres suivants une autre approche pour décrire et classifier le fonctionnement de ces stratégies. Avant de décrire plus spécifiquement ces stratégies communicationnelles, parachevons tout d'abord la description du pôle interprétant avec les éléments provenant de l'interprète.

## L'apport de l'interprète

### Ses savoirs latéraux

Nous avons déjà pu distinguer dans le Tableau 4 différents savoirs latéraux de l'interprète. Le premier savoir qui précède et qui est indispensable à toute réception indicielle de la photographie est celui du savoir de son *arché*. Sans ce savoir minimum indispensable, la photographie ne peut pas être reçue comme indice. Les savoirs latéraux de l'interprète peuvent être très divers : savoir du répertoire permettant l'identification des unités visuelles, savoir sur le référent et sur son contexte, savoir sur l'opérateur et son contexte, savoir sur le dispositif photographique et les conditions de capture, savoir sur le contexte institutionnel, etc. La Figure 27 montre en rouge la portée de différents savoirs latéraux de l'interprète qui peuvent avoir une influence sur la réception de l'image.

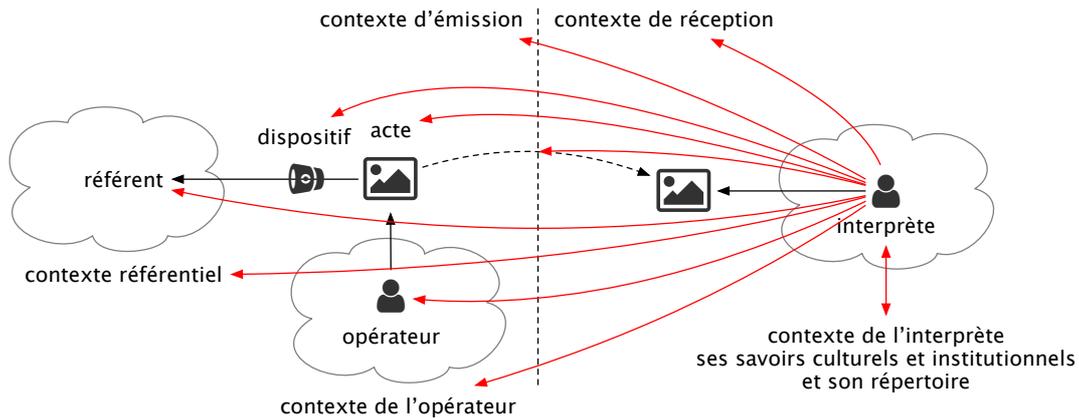


Figure 27: La portée des différents savoirs latéraux de l'interprète.

La question des savoirs latéraux consiste à se demander ce que la photographie apporte comme nouvelles informations par rapport aux savoirs de l'interprète. Plus les savoirs saturent l'image plus cette dernière est redondante (Schaeffer, 1987: 105). Plus le savoir sature l'image, plus on s'approche de l'univers personnel de l'interprète et à l'inverse, plus l'indétermination est grande plus on a tendance à considérer l'image comme provenant du monde extérieur. Le fonctionnement sémiotique sera donc complètement influencé par la configuration individuelle des savoirs latéraux de l'interprète. Il n'en demeure pas moins qu'il existe une certaine stabilité sémiotique selon certaines configurations types de savoirs latéraux. La rigueur élastique du paradigme indiciaire est aussi présente à ce stade.

Pour illustrer l'importance du savoir latéral de l'interprète, on peut prendre comme exemple, une photo-souvenir familiale. On peut facilement concevoir que, si le réfèrent fait partie de l'univers personnel de l'interprète, la vue de cette image familiale n'aura pas la même valeur ni la même signification que si le réfèrent est étranger à son univers. Les photos de vacances sont aussi un bon exemple de l'importance du savoir référentiel sur la signification. Le récepteur qui regarde ses propres photos de vacances est plutôt dans l'optique de la remémoration des instants et des entités alors qu'une personne à qui il montrerait ces mêmes images, qui n'a pas ce savoir référentiel, se trouve dans celle de la présentation des entités.

Dans une autre optique, certaines photographies peuvent aussi servir à combler une lacune dans le savoir référentiel de l'interprète. La stratégie communicationnelle serait alors de l'ordre de l'immersion : faire en quelque sorte revivre la scène référentielle à l'interprète. Les images de fixation d'état des lieux servent justement à combler le défaut de savoir latéral de l'interprète par rapport à la scène référentielle. L'interprète qui n'a pas pu se rendre sur les lieux tels qu'ils ont été trouvés n'a aucun savoir latéral sur ceux-ci. Ces photographies d'état des lieux lui permettront de combler partiellement ce manque. En effet, la photographie reste un médium qui aboutit à un appauvrissement de la réalité. Elle reste une simple représentation visuelle qui ne remplacera jamais l'expérience sensorielle réelle. Une photographie ne pourra pas rendre compte des odeurs, du touché, du goût, de la tension, des sentiments vécus par les intervenants eux-mêmes sur la scène.

Le savoir latéral institutionnel est aussi un exemple parlant des différentes configurations de savoir possibles et de leur impact sur la lecture sémiotique de l'image. Les images de Reiss, présentées au tribunal de manière structurée à un juge connaissant le contexte institutionnel, ou exposées de manière thématique dans un musée à un public n'ayant pas forcément de connaissances institutionnelles n'auront assurément pas la même signification.

Entre saturation du savoir et indétermination totale, il existe donc une infinité de constellations possible sur les différents axes des savoirs latéraux de l'interprète. Une certaine saturation référentielle présuppose

une participation au processus d'émission ou une appartenance du référent à l'univers personnel. A contrario, dans le cas d'une certaine indétermination référentielle, celle-ci sera perçue comme extérieure à l'univers personnel et nécessitera un effort d'identification supplémentaire qui peut parfois ne pas être résolue. La non-résolution par l'interprète aboutit à la reconnaissance de l'existence de ce qu'il voit dans l'image, mais sans la détermination véritable de ce qu'il voit. Ce sera par exemple le cas quand le répertoire de l'interprète intervenant dans le processus du décodage identifiant de la perception visuelle ne permet pas la reconnaissance de l'information référentielle.

### La thématization de l'image

Lors de notre description du pôle objet, nous avons réalisé une typologie d'objets que l'interprète pouvait considérer dans une image. La question au niveau du pôle interprétant est de savoir comment ce signifiant va être thématized lors de sa réception par l'interprète. Pour reprendre encore une fois le Tableau 5 proposé par Schaeffer, il y est proposé que le signifié puisse thématized de manière plus ou moins prépondérante le signifiant considéré en fonction de sa temporalité ou de sa spatialité. Cette thématization peut intervenir préférentiellement en fonction d'une rupture ou au contraire d'une continuité temporelle de l'image par rapport au contexte réceptif. Celle-ci peut dépendre aussi de l'appartenance ou non du référent à l'univers personnel de l'interprète. La photo-souvenir appartenant à l'univers personnel de l'interprète va favoriser une thématization du signifiant sur la temporalité due justement à la rupture entre l'image et le contexte de réception provoquant un signifié de l'ordre de la stratégie du souvenir de l'entité ou de la remémoration du fait. Cependant, dans un même élan, dans cette même photo-souvenir temporelle, la configuration spatiale de la vue analogique va peut-être prendre le dessus et rendre la rupture temporelle, au contraire, totalement secondaire et dès lors permettre un signifié de l'ordre de la reproduction voire de la description. Il ne faut donc pas considérer la temporalité dans une optique de concurrence avec la spatialité, car cette opposition, une nouvelle fois, pose problème et ne tient pas compte de l'évolution des interprétants au fur et à mesure des cycles.

La thématization de l'image ne semble d'ailleurs pas limitée à la temporalité ou à la spatialité des objets considérés. La thématization du signifiant peut être beaucoup plus complexe et imbriquée. La thématization sociale, culturelle ou institutionnelle des photographies semble aussi tout à fait concevable. Comme exemple de thématization que l'on qualifierait d'institutionnelle, nous pourrions identifier le problème de l'image de trace papillaire de la Figure 28 ci-dessous. Sans thématization institutionnelle, cette image est une trace papillaire pour autant que l'interprète la reconnaisse comme telle. Cependant, le fonctionnement de certains contextes institutionnels exige la présence d'un repère métrique qui manque sur cette image et qui rend celle-ci institutionnellement problématique. De plus, la thématization institutionnelle du signifiant représenté amène très vite à une considération de la spatialité de l'image très spécifique : la vue analogique de cette trace est discrétisée en minuties par l'interprète alors qu'elle serait normalement considérée dans sa globalité spatiale de trace papillaire. Dans ce cas, la spatialité de l'image est elle-même thématized institutionnellement par l'interprète. L'entité globale (signifiant) trace papillaire (signifié) est découpée en de multiples signifiants identifiés comme étant des minuties (signifiés) dont leur configuration spécifique (signifiant) individualise la source de la trace (signifié).



Figure 28: Photographie d'une trace digitale (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2003).

Cet exemple met aussi en évidence le fait qu'une autre forme de thématization du signifié peut encore intervenir. Elle résulte d'une forme d'ambiguïté et d'élasticité du terme « reconnaissance » que nous n'avons pas encore directement abordée. Nous avons déjà introduit la notion d'unités visuelles identifiantes en référence au résultat de l'étape de collecte d'informations permettant la « reconnaissance ». Nous devons désormais faire la distinction entre deux types de « reconnaissance ». Il y a d'une part l'identification qui relève d'une reconnaissance typologique du répertoire qui va permettre de reconnaître sur une photographie un chat comme étant un chat. D'autre part, l'individualisation correspond à l'état ultime du processus d'identification qui va permettre cette fois de reconnaître ce chat comme étant spécifiquement ce chat par rapport à tous les autres chats considérés (Schaeffer, 1987: 90-93). La reconnaissance individualisante nécessite soit une forme de savoir latéral supplémentaire déterminant totalement ou partiellement le référent en faisant partie de l'univers personnel de l'interprète, soit un raisonnement au sens Peircien, basé sur certains indices particuliers, lorsque le référent est largement indéterminé, car externe à l'univers personnel. Concernant la thématization individualisante du signifiant, dans la continuité de l'axe entre saturation et indétermination complète nous pouvons distinguer trois situations types :

- Lorsque le savoir latéral sature le référent : le référent fait partie de l'univers très personnel de l'interprète. Le signifiant sera dès lors directement individualisé. Ce sera le cas lorsque l'interprète regarde une image d'une personne qu'il connaît très bien comme ses propres enfants. Il l'individualisera directement sans effort, car sa connaissance sur la personne ou sur le fait photographié sature totalement l'information contenue dans l'image.
- Lorsque le savoir latéral détermine partiellement le référent : le signifiant peut être individualisé plus ou moins facilement en fonction du degré d'indétermination du référent. Ce cas de figure correspond à la situation où l'interprète regarde une photographie d'une personne célèbre. En fonction de son savoir latéral sur cette personne et de la photographie, il pourra l'individualiser ou non. Cette individualisation est moins directe et peut nécessiter un effort particulier.
- Lorsque le savoir latéral laisse le référent indéterminé : le signifiant ne peut plus être directement thématisé au niveau de l'individualisation. Celle-ci nécessitera dès lors l'instinct du chasseur avec un effort voire une méthode de recherche et d'identification d'indices supplémentaires couplés à un réel raisonnement hypothético-déductif pour réussir à thématiser le signifiant au niveau de l'individualisation du référent. Ce cas de figure correspond à une situation typique en science forensique à savoir l'individualisation d'un référent indéterminé à partir d'une

photographie qui correspond au processus d'identification de la source que nous aborderons de manière plus approfondie dans la seconde partie de ce travail.

En conclusion de ce chapitre, nous dirions que les thématiques de l'interprétation sont multiples et souvent combinées. Elles peuvent porter sur plusieurs axes différents parfois indépendants parfois complémentaires. Elles évoluent et se complètent au fil des cycles du signe triadique en fonction des configurations des savoirs latéraux et des motivations de l'interprète.

### Les motivations et l'effort de réception

L'instinct du chasseur du « paradigme indiciaire » trouve son origine notamment dans la motivation ou les besoins de l'interprète. Ces besoins résultent d'une part du degré d'indétermination du référent de l'image photographique – l'image détermine-t-elle clairement le référent ? – et d'autre part, comme nous venons de le décrire ci-dessus, du degré de détermination du référent des savoirs latéraux de l'interprète. En cas d'indétermination partielle ou totale, cette motivation ou ces besoins requièrent un certain effort. C'est dans cet effort que se matérialise une certaine profondeur de recherche et d'invention de signes dans le système de traces référentielles que représente la photographie. La discrétisation de l'information, les allers-retours entre la vue analogique discrétisée et l'image photonique mathématisée, la recherche de détails révélateurs, etc. représentent des efforts substantiels qui sont parfois exigés par le contexte institutionnel ou culturel de l'interprète. Sans effort, en situation d'indétermination, l'interprète n'est que consommateur superficiel d'images. Cette posture passive est potentiellement favorisée par la production, l'accessibilité et la consommation exponentielles d'images au travers notamment des réseaux sociaux. Le flux de consommation d'images de chacun est abreuvé automatiquement par ses connexions, ses abonnements, ses fils d'actualités, etc. eux-mêmes nourris par une surabondance d'images produites, publiées et rendues accessibles au monde entier en quelques secondes.

Cet effort fourni par l'interprète en fonction de sa motivation est une problématique à double sens. Dans un sens, toute vue analogique d'une image ne requiert pas forcément le même effort, c'est ce que nous avons appelé précédemment sa lisibilité intrinsèque, ou l'indétermination de l'image. Dans le sens inverse, tout récepteur n'est pas prêt à fournir l'effort requis par l'image, quelle que soit son indétermination intrinsèque. Il y a donc un sens lié à la production dans une optique anticipatrice et l'autre sens lié à sa réception effective dans un système circulatoire. Au niveau de l'émission, nous pouvons distinguer au moins quatre situations typiques :

1. La situation de la trace. La lisibilité de la réception analogique de l'image et donc l'effort nécessaire à l'interprète n'entrent pas en jeu dans les critères d'acquisition, car ceux-ci sont garantis par sa réception contextuelle ou institutionnelle. La photographie est réalisée dans une optique purement référentielle. La composante indexicale de la photographie est minimale et nous sommes de l'ordre de la fonction d'indice iconique de la photographie. Dans cette optique, la trace est au centre de la préoccupation, quelle que soit la complexité de la vue qui en découlera. Le récepteur devra dès lors avoir les compétences indispensables pour initier l'effort de réception. Les photographies produites pour un usage photonique comme les images d'astrophysique, les radiographies, etc. sont dans ce cas de figure.
2. La situation de l'index dénotatif. La lisibilité de la vue analogique est travaillée principalement en vue de faciliter la reconnaissance informative des objets. L'effort de réception est considéré comme minimal étant compris dans la connaissance de l'arché de la photographie. Dans cette situation, la fonction analogique de similitude au réel de la photographie permet d'en garantir une réception analogique suffisante, quel que soit le récepteur. Il y a une volonté forte de détermination du référent dans l'image. Dans ce type d'image, la notion d'index photographique prend de l'importance sur la trace, mais le message reste principalement, du moins pour ce qui est de l'émission, au niveau de la dénotation et donc sur l'informationnel. Cette situation

correspond notamment à certaines photos de vacances, de témoignage d'un événement prises sur le vif, etc.

3. La situation de l'index dénотatif et connotatif. Le message à transmettre porte sur les deux niveaux de signifiés. Ainsi, la lisibilité de la vue analogique est travaillée aussi bien au niveau de la dénотation, la ressemblance aux objets, que des connotations. Nous pouvons distinguer au moins trois sous situations différentes.
  - a. Un message relativement simple ou direct dans une optique d'effort de réception minimal sur les deux niveaux. La dénотation et les connotations sont particulièrement travaillées à l'émission pour être le plus possible déterminées lors d'une réception universelle. La lisibilité de l'image est travaillée pour minimiser l'effort de réception et optimiser la stabilité du message reçu aussi bien sur le plan dénотatif que connotatif. Ce type de situation correspond à la préoccupation principale de la photographie de publicité. Il faut que le message photographique portant prioritairement sur le connotatif soit reçu avec le moins d'effort ou avec le plus d'efficacité possible pour le plus grand nombre d'interprètes.
  - b. Un message relativement complexe ou indirect principalement sur le plan des connotations. La lisibilité d'identification analogique du réel est travaillée pour être rendue évidente. Même si la lisibilité dénотative de la vue analogique est généralement aisée, elle peut néanmoins nécessiter certains savoirs latéraux pour une réception adéquate. Sa réception n'est plus forcément universelle comme dans le cas précédent, mais contextualisée et faisant appel à certains savoirs latéraux spécifiques. Dans un même temps, la prégnance de l'indétermination des connotations et de l'index photographique est ici aussi plus importante. Nous pouvons associer à ce cas de figure, les photos de reportages, des œuvres photographiques artistiques, etc.
  - c. Un message relativement complexe sur les deux niveaux. Dans ce cas de figure, il y a une volonté d'introduire une certaine indétermination aussi bien sur le plan dénотatif que connotatif. L'indétermination dénотative peut résulter d'un flou volontaire, d'une technique photographique particulière, d'une illusion optique, de l'agrandissement d'un détail d'une entité la rendant méconnaissable, la captation des mouvements, etc. Dans certains cas, l'indétermination dénотative peut aller jusqu'au refus de la considération de l'image comme photographie par l'interprète. Nous pouvons associer à cette situation notamment certaines photographies artistiques abstraites.
4. La situation de l'empreinte. La lisibilité de la réception est optimisée pour une réception institutionnelle particulière en suivant des règles établies et des protocoles de travail. Dans cette situation, la fonction dénотative de détermination du référent est prioritaire en vue de sa réception. Le connotatif existe, mais consiste principalement à souligner la rigueur ou le savoir-faire en référence au protocole de travail pour renforcer le statut d'empreinte de la représentation photographique. Cette situation correspond selon nous à l'imagerie forensique dont les protocoles de travail fixent des règles de fonctionnement strictes et établies. Le suivi de ces règles institutionnelles donne à la vue analogique de ces photographies une valeur d'empreinte par rapport à leur référent.

Nous avons donc pu montrer ci-dessus quatre situations issues du contexte intentionnel d'émission. Dans un système circulatoire entre émission et réception, il y aurait correspondance parfaite entre le message intentionnel d'émission et celui reçu par un interprète. Or, la notion d'index ne garantit pourtant aucunement la mise en place effective d'un processus circulatoire qui établit une connexion entre l'univers référentiel du photographe et celui de l'interprète. Quels que soient les intentions sémiotiques et les efforts de l'émetteur, la photographie demeure prioritairement un signe de réception piloté par l'interprète dans son contexte réceptif. Le contexte réceptif inclut notamment l'environnement de

réception, la configuration des savoirs latéraux, la thématization de l'image, les motivations de l'interprète, etc. Ainsi, les stratégies communicationnelles normatives peuvent fonctionner dans une optique circulatoire, mais aussi purement réceptive. L'interprète, en regardant une photographie, n'est jamais contraint d'identifier, de considérer ou de se restreindre au message voulu par l'émetteur pour en dégager une signification. La liberté de l'interprète intervient même avant le message : il peut considérer les entités alors que l'intention émettrice portait sur le fait. Il peut aussi intervertir les situations d'émission prévues que nous venons de décrire. Dans cette optique, des photographies relevant de la trace (situation 1) peuvent être reçues au niveau d'abstraction connotative 3.c. Au même titre, les images de Reiss appartenant principalement à la situation de l'empreinte (4) dans leur contexte d'émission, peuvent être reprises dans un contexte de réception au niveau 3.b lors de l'exposition « le théâtre du crime » qui en a été faite en 2009.

Il y aura donc un processus circulatoire, au moins partiel, dès qu'il y a une intersection entre le message issu de la volonté sémiotique de l'émetteur et le signifié résultant de sa réception par un interprète. Etant donné que la volonté sémiotique de l'émetteur n'est pas forcément connue, le photographe n'expliquant pas forcément son acte, il n'est pas toujours possible de connaître si une intersection entre message voulu et message reçu existe effectivement ni son ampleur. Il sera dans ce cas seulement possible de les supposer de manière incertaine à partir des règles constitutives et normatives et des configurations des savoirs latéraux.

## 5.2 Les signes complémentaires du signe photographique

Nous avons décrit le signe photographique en le considérant sur les trois pôles du signe formant une relation triadique. Nous l'avons cependant fait en ne considérant que l'information photographique d'enregistrement du signal qu'elle soit réceptionnée au niveau photonique, comme vue analogique ou par une lecture culturelle. Cependant, la photographie n'est pas forcément un index autonome : elle est souvent jointe à d'autres éléments informationnels complémentaires qui la renseignent ou, inversement, elle illustre, comme dans ce travail, certains aspects d'un contenu textuel, sonore ou autre. Ces éléments informationnels sont des signes, ou plus précisément des index, complémentaires à l'image photographique et participent à son fonctionnement sémiotique global. Ces index complémentaires peuvent prendre plusieurs formes, mais nous en distinguerons trois principales : les métadonnées, les éléments verbaux contextuels (légendes, textes, etc.) et les annotations.

### 5.2.1 Les métadonnées

Les métadonnées font référence à des données sur des données. Elles sont produites pour donner une information sur l'image. Si ce genre de données a pris une ampleur incroyable avec le numérique, leur importance pour le photographe dans le catalogage de ses images est bien antérieure au numérique. Il suffit de parcourir les cahiers de registre d'images que tenait Reiss pour documenter chacune de ses images par des informations textuelles : identifiants, informations, mots-clés, numéro d'affaire, description, etc.

Il existe trois types principaux de métadonnées (Krogh, 2005: 32-34):

- Les métadonnées générées automatiquement : ces métadonnées sont générées automatiquement par le dispositif photographique utilisé (les données EXIF : modèle, numéro de série, conditions de prise de vue, date, heure, coordonnées GPS, etc.) ; par le système d'exploitation de l'ordinateur ou du serveur qui stocke ou accède au fichier image (emplacement, taille, date de création et de modification du fichier, log d'accès, propriétaire, etc.) ; par les logiciels de

traitement d'images utilisés pour appliquer certaines opérations mathématiques (historique de traitement, paramètres d'importation ou de traitement, etc. ) ;

- Les métadonnées de masse : ces métadonnées sont produites par un opérateur et se caractérisent par le fait qu'elles sont appliquées à beaucoup d'images à la fois. L'information peut porter sur n'importe quels aspects : informations sur l'institution et le photographe ; classification générale des images, mots-clés généraux ; informations policières générales, numéro du cas, type d'affaires, etc. ;
- Les métadonnées individuelles : elles se caractérisent par l'aspect individuel de l'information sur une image. Elles ne s'appliquent qu'à peu, voire une seule image à la fois. Ce sont souvent les métadonnées les plus précieuses en ce qui concerne le contenu de l'image ou l'intention du photographe, car elles permettent par exemple de décrire le contenu de chaque image. Ce sont aussi celles qui prennent le plus de temps à documenter et qui sont malheureusement souvent négligées par l'opérateur.

Quel que soit le type de métadonnées, elles peuvent être stockées à différents endroits que l'on peut simplifier ici à deux cas de figure : soit elles sont inscrites à l'intérieur du fichier numérique de l'image (embedded metadata) et sont ainsi publiques et accessibles à toute personne ayant une réplique du fichier numérique (à ne pas confondre avec une réplique de l'image qui ne garantit pas d'accéder aux métadonnées du fichier répliqué), soit elles sont inscrites ailleurs et demeurent ainsi privées.

Les formats d'images numériques les plus utilisés permettent de stocker plusieurs formats standards de métadonnées comme les données EXIF, IPTC ou XMP qui sont les plus utilisés en photographie.

Enfin, nous pouvons encore distinguer les métadonnées primaires, produites dans le contexte d'émission soit automatiquement par le dispositif ou manuellement par l'opérateur, de celles secondaires émanant de l'interprète dans un contexte de réception. Ainsi, les métadonnées primaires publiques intégrées dans le fichier lors du processus de production de la photographie sont accessibles dans les répliques des fichiers transmises aux différents interprètes. Ces derniers pourront ensuite produire, à partir des métadonnées primaires contenues dans leur réplique, leurs propres métadonnées secondaires publiques ou privées comme schématisées dans la Figure 29.

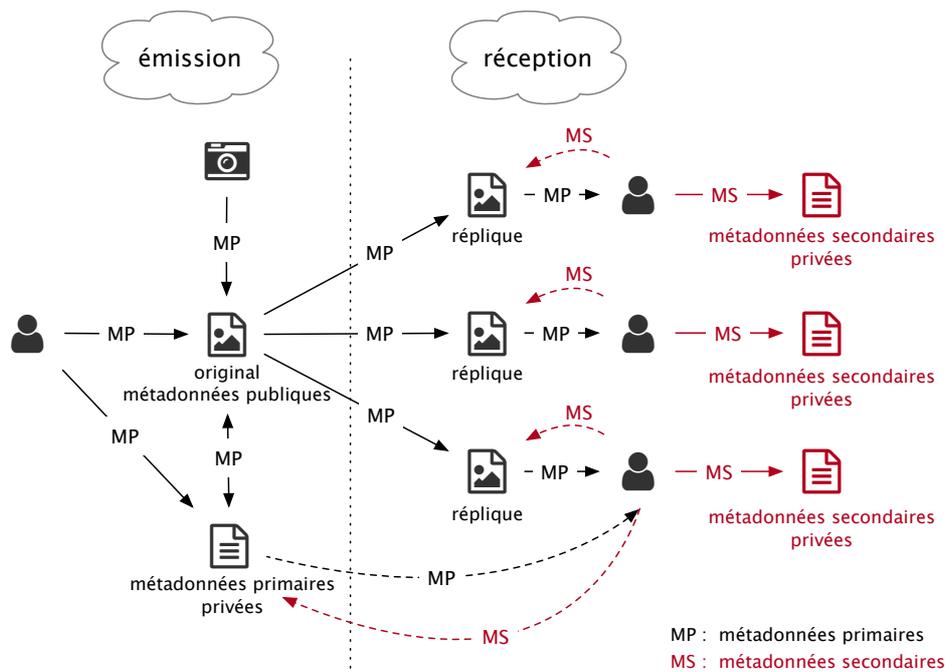


Figure 29 : Fonctionnement des métadonnées privées/publiques et primaires/secondaires.

## 5.2.2 Les éléments verbaux contextuels

Nous distinguons les éléments verbaux contextuels des métadonnées par le fait qu'ils sont centrés sur le contexte d'insertion de l'image et non plus seulement sur l'image. On comprend facilement par exemple que la légende d'une même photographie puisse être adaptée et très différente en fonction du contexte dans lequel elle est réceptionnée : la légende d'une œuvre peut être technique dans un manuel photographique et porter sur des aspects symboliques dans un ouvrage artistique. Contrairement aux métadonnées qui peuvent être stockées dans le fichier image, ces éléments verbaux appartiennent généralement plutôt au contexte d'insertion. Nous pouvons cependant, comme pour les métadonnées, distinguer les éléments contextuels primaires qui correspondent au contexte d'insertion initial de l'émetteur de ceux secondaires provenant d'un contexte de réception.

## 5.2.3 Les annotations visuelles

Les annotations visuelles sont des éléments visuels (flèches, marques codifiées, etc.) ou textuels qui ont la particularité d'être des index qui ont une relation généralement spatiale avec des entités de la photographie. Au contraire des éléments verbaux contextuels qui entourent ou côtoient l'objet photographique, les annotations sont en lien physique avec des entités spécifiques contenues dans la représentation photographique. Les annotations ont des fonctions de désignation et d'attestation particulièrement prégnante : *là ! j'ai vu ça*. Il faut toutefois préciser de quoi atteste l'annotation : elle atteste que l'interprète a identifié une unité visuelle à l'endroit désigné. Elle n'atteste en rien de la présence effective de celle-ci dans l'image et encore moins chez le référent de celle-ci.

Les annotations sont très utilisées en imagerie forensique : elles correspondent au marquage des minuties sur des photographies de traces papillaires, des flèches pour indiquer un élément intéressant, un contour, etc. comme dans la Figure 30.

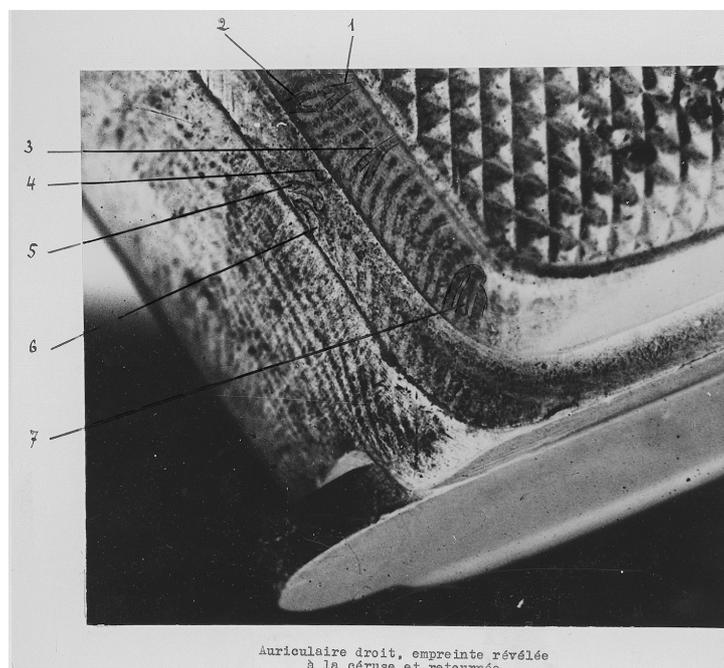


Figure 30 : Annotations de certaines caractéristiques intéressantes identifiées par un interprète (tiré d'un travail d'étudiant de l'ESC : Payot, 1933). On y voit aussi un élément verbal contextuel sous la forme d'une légende.

Les annotations sont stockées comme des calques transparents qui se superposent à l'image dans une configuration spatiale fixe. Comme pour les métadonnées et les éléments verbaux contextuels, nous pouvons différencier les annotations primaires provenant de l'émetteur de l'image de celles secondaires. Cette distinction est particulièrement importante pour les annotations étant donné l'appauvrissement de la réalité par le médium : le savoir latéral de l'émetteur sur la scène référentielle peut être beaucoup plus riche que ce qui transparaît dans la représentation photographique : *là ! Il y avait quelque chose dans la scène référentielle qui ne se voit pas dans l'image*. Ce savoir latéral porte aussi bien sur la perception visuelle que sur les autres sens comme une odeur particulière ou un bruit caractéristique. Ce savoir latéral ne sera plus accessible à un interprète qui ne possède que la photographie comme source d'information.

#### 5.2.4 L'effet téléphone arabe des signes complémentaires

Nous avons donc distingué ci-dessus le signe photographique proprement dit des informations complémentaires qui accompagnent ce signe. Le premier signe repose sur la connaissance de l'*arché* photographique et sur trois supports informationnels à savoir l'image photonique, la vue analogique et la lecture culturelle. Le second est constitué d'autres signes que sont les métadonnées, les éléments verbaux contextuels et les annotations qui définissent le premier. Les signes complémentaires attribuent certaines « valeurs » sémiotiques au signe photographique. Dans ce sens, en se combinant pour former un nouveau système combiné de signes, elles l'instancient comme décrit dans la Figure 31.

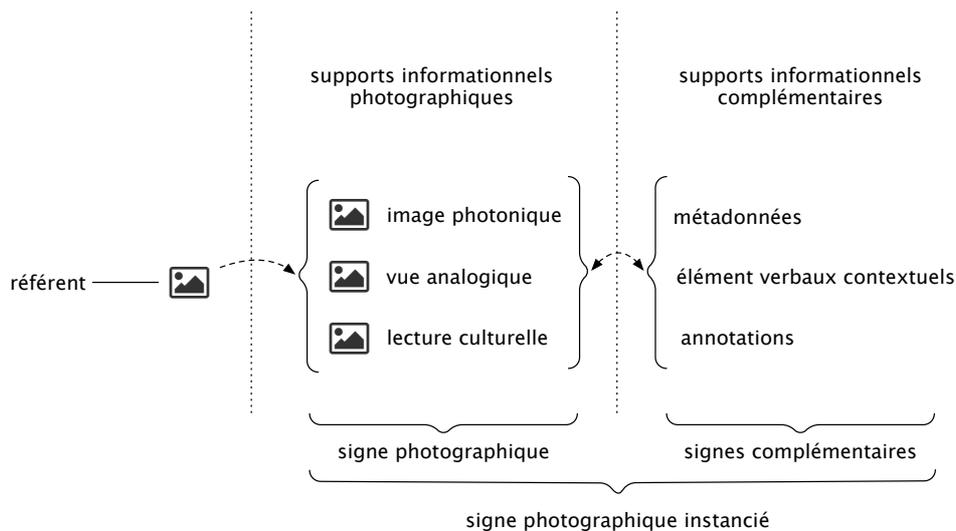


Figure 31 : Le signe photographique instancié par les signes complémentaires.

Cette distinction entre signe photographique et signes complémentaires est fondamentale, car leur fonctionnement est résolument différent. Si les supports informationnels du signe photographique sont stables, quels que soient le contexte réceptif et leur évolution, il en est tout autre pour les signes complémentaires. En effet, les signes complémentaires se transforment potentiellement de manière complètement incontrôlée d'une instanciation du signe à l'autre. Cette transformation parfois fondamentale des supports informationnels complémentaires qui instancie le signe photographique, nous l'appelons « l'effet téléphone arabe » entre les instances du signe photographique : d'une instance à l'autre du signe photographique, le message initial se brouille, se transforme, s'enrichit à cause de l'évolution des signes complémentaires. Il est évident qu'ils ne sont pas les seuls responsables de cet effet, le contexte réceptif, la configuration des savoirs de l'interprète y participe notamment aussi. Cet effet intervient soit au fur et à mesure des cycles réceptifs par des modifications successives des signes

complémentaires, soit à l'intérieur d'un même cycle simplement par des signes complémentaires différents. En cas de modifications successives, les instances gardent certains signes complémentaires des instances qui les précèdent comme illustrés dans la Figure 32.

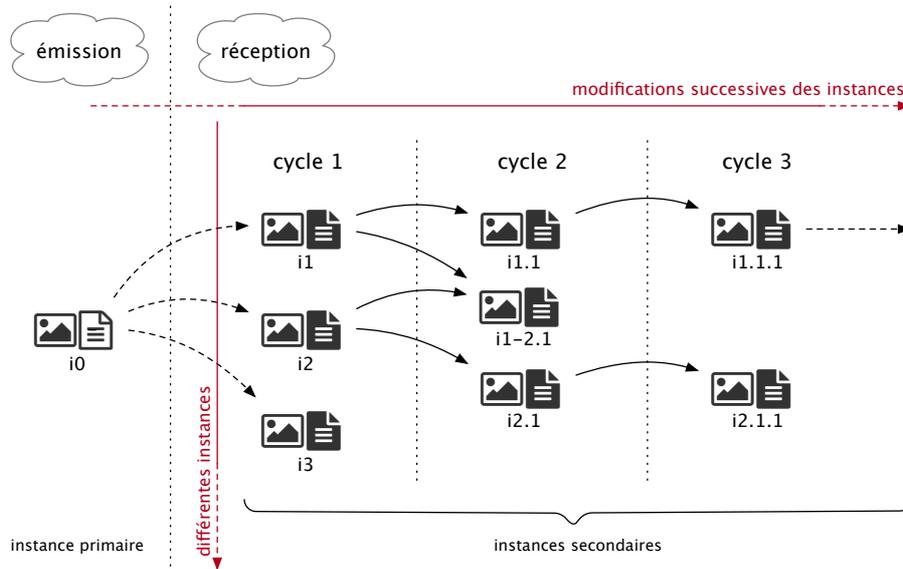


Figure 32 : Effet "téléphone arabe" sémiotique entre les instances du signe photographique par modifications successives des signes complémentaires ou par différences.

L'effet téléphone arabe tel que nous le définissons dans ce travail explique le fait qu'une photographie réalisée dans un cadre spécifique puisse être reprise dans un tout autre contexte pour de la propagande par exemple. Internet et les réseaux sociaux regorgent d'exemples de ce type. Dans ces cas, les supports informationnels du signe photographique restent les mêmes, ce ne sont que les signes complémentaires et parfois le contexte de réception qui évoluent et qui instancient le signe de manière complètement différente modifiant totalement sa signification. Comme autre exemple, plus proche de l'imagerie forensique, nous pouvons prendre celui présenté dans la Figure 33 qui montre trois instances différentes d'une même photographie : à gauche la photographie sans annotation (instance primaire), au centre avec les annotations d'une première personne et à droite les annotations d'une seconde (2 instances secondaires, car aucune des deux personnes n'appartient au contexte d'émission). La question que pose cet exemple est de savoir si les signes complémentaires rendent les instances équivalentes sémiotiquement. Nous pouvons en toute logique dire que non : l'instance 1 suggérant à l'interprète une correspondance plus forte entre les deux projectiles que l'instance 2 étant donné le nombre supérieur de correspondances indiquées en rouge dans la première. Il faut aussi remarquer dans cet exemple que l'instance 0, sans annotation n'est de loin pas neutre sémiotiquement. L'existence même de cette image dans son contexte institutionnel, par le principe de désignation de l'index, suggère une forme de correspondance entre les deux projectiles à cet endroit précisément. Elle dit « là ! il y a une correspondance qui vaut la peine d'être évaluée ».

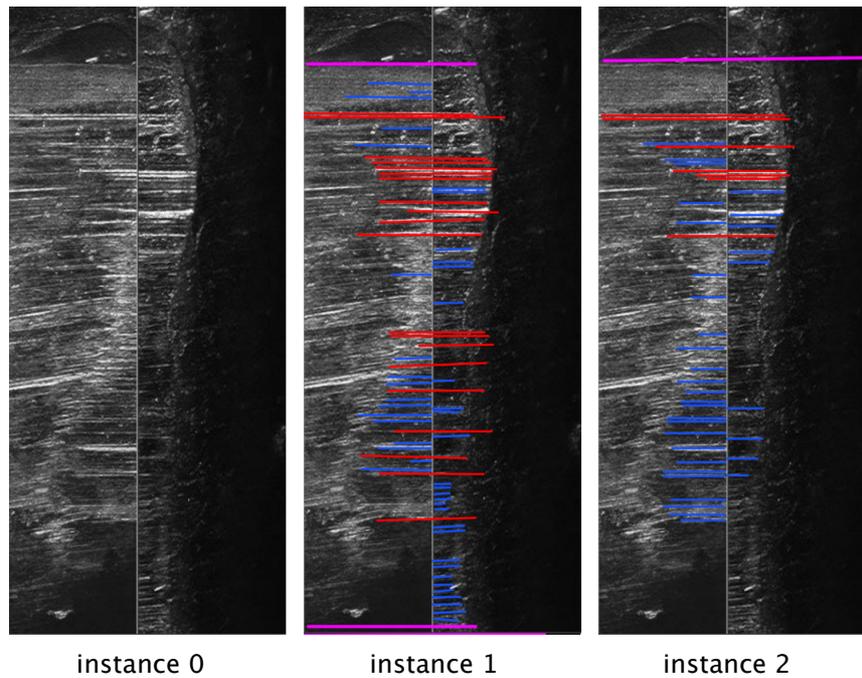


Figure 33 : Deux instances 1 et 2 différentes d'une même photographie (instance 0) présentant les annotations de deux personnes différentes à partir de la même image de comparaison de projectile. En rouge sont indiquées les correspondances entre les deux projectiles et en bleu les discordances (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2014).

L'effet « téléphone arabe » entre les signes photographiques instanciés que nous venons de décrire pose aussi, sous une certaine forme, la question de « l'objectivité ». L'exemple présenté dans la Figure 33 illustre parfaitement cette problématique : l'instance 0 n'est pas neutre puisqu'elle désigne à l'interprète, par son existence même, l'identification par l'opérateur d'une correspondance intéressante et les instances secondaires 1 et 2 qui en découlent ne sont pas non plus équivalentes sémiotiquement. « *L'enregistreur automatique et impartial* » (Reiss, 1903a: 1) disait Reiss dans notre citation introductive. Notre exemple montre que l'impartialité opère plus dans l'attitude de l'opérateur face au référent que dans l'image elle-même. En effet, l'index photographique désigne et donne à voir un choix volontaire de l'opérateur. Que l'opérateur soit impartial ou non dans l'élaboration de ce choix est une autre question qui ne relève plus de la photographie. Nous discuterons de manière plus détaillée ces questions complexes d'objectivité dans le chapitre suivant.

### 5.3 L'objectivité photographique

La notion d'objectivité fait référence à la fois à des notions complémentaires d'une part de convergence ou de conformité par rapport à la réalité et d'autre part d'impartialité. De la première notion découle une forme de reproductibilité face à une même situation ainsi que d'exactitude par rapport à une réalité considérée et de la seconde une neutralité dans l'approche de la situation.

La question de l'objectivité est une problématique complexe et enchevêtrée (Schaeffer, 1987: 80-87). Elle mêle des interrogations sur plusieurs niveaux organisés hiérarchiquement : en premier celui de la trace, puis celui du message émis et enfin celui de sa réception. Les deux premiers niveaux concernent le contexte d'émission alors que le troisième concerne spécifiquement celui de réception par un interprète. Chaque niveau repose sur différents postulats ou types d'objectivités.

### 5.3.1 L'objectivité de la trace

Celle-ci découle du principe d'attestation de l'existence du référent issu de la fonction indicielle de toute photographie. Ce postulat intervient, quel que soit le support informationnel. Il s'agit là de l'objectivité de l'enregistrement automatique de la trace, du *ça-a-été*. A ce niveau, l'objectivité se résume à la question de la manipulation, du truquage ou de l'erreur de protocole (le signal enregistré n'est pas le signal voulu ou imaginé par le photographe lui-même). Dès que l'image est considérée comme photographie par un interprète par le savoir de l'*arché*, celui-ci postule que l'image est forcément objective par rapport à l'attestation d'existence du référent grâce à l'enregistrement du signal qu'il a émis. La photographie tire son objectivité intrinsèque du *ça-a-été* existentiel de la trace. Cette objectivité ne tient que dans l'automatisme de la coupe d'un acte photographique piloté subjectivement selon certains critères et contraintes par le photographe, ce dernier agissant de manière impartiale ou non.

Les autres questions sur l'objectivité qui suivent portent non plus sur l'objectivité proprement dite, mais sur la tentative d'objectiver l'index photographique et son interprétation. C'est pourquoi nous ne parlerons plus d'objectivité, mais d'objectivation.

### 5.3.2 L'objectivation de l'index ou du message émis

Elle émane premièrement du principe de désignation et donc du statut d'index volontaire de la photographie. Le photographe montre, désigne, donne à voir ce qu'il veut donner à voir ; l'appareil photographique agit comme substitut de l'index de la main. Il s'agit ici de l'objectivation de la désignation, du *là !* Ce principe trouve notamment son origine dans le phénomène de coupes spatiales et temporelles de la photographie ainsi que dans celui de la mise en scène. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, c'est dans l'objectivation de la désignation que l'impartialité de l'opérateur doit transparaître.

Deuxièmement, la question de l'objectivation du message émis repose sur la fonction iconique de similitude au réel de la photographie. Il s'agit ici de l'objectivation du fac-similé du référent, du *c'est tel !* La question de l'objectivation de la « ressemblance » de la représentation à son référent est ici centrale. Entrent en jeu, l'éclairage, la position du point de vue et du référent, la netteté, la clarté, le cadrage, etc. Cette ressemblance suffit-elle pour une identification typologique ou éventuellement une individualisation informationnelle ? On peut faire un lien entre l'objectivation iconique, du *c'est tel*, à celle de l'efficacité identificatrice permise par la précision, l'exactitude, la similitude et l'adéquation de la représentation analogique de son référent. Il faut encore remarquer que l'objectivation du *c'est tel* iconique dépend du type d'objet considéré. Lorsque l'on se place au niveau de l'entité, l'objectivation porte sur les aspects descriptifs de l'entité photographiée. Lorsque l'on se place au niveau du fait, elle porte sur une vision d'ensemble du fait photographié : ce que nous montre le photographe est-il « objectif » par rapport à la situation référentielle dans sa globalité ?

### 5.3.3 L'objectivation réceptive des instances photographiques

La question de l'objectivation réceptive est une question qui mêle à nouveau plusieurs problématiques qu'il paraît difficile à véritablement dissocier : celle du support informationnel utilisé, celui du type d'objet considéré, celui des savoirs latéraux du récepteur, de la mise en contexte, de l'instanciation de l'index par les informations complémentaires associées, de l'effort de recherche fourni, etc.

Si l'on s'en tient au support informationnel, nous pouvons considérer que la pure réception mathématique de la photographie photonique permet d'objectiver l'interprétation informationnelle en fonction de

certaines critères définis. L'image est traitée automatiquement de manière mathématique et reproductible selon les paramètres et des processus prédéfinis. Le signal d'entrée est soumis à des traitements mathématiques pour obtenir de manière objective un résultat reproductible sous la forme d'un signal de sortie (Figure 34). Tout comme l'acte photographique, c'est uniquement l'acte de traitement du signal considéré qui est objectif. Le choix, la mise au point, les contrôles, l'apprentissage ou l'évolution de la fonction de traitement mathématique, de signal considéré et de ses paramètres sont eux définis avec une certaine subjectivité. Une fois ces choix effectués, les mathématiques imposent leurs règles implacablement et objectivement.



Figure 34: Le traitement mathématique du signal photonique. Le signal d'entrée considéré est traité objectivement pour en produire un signal résultant.

La considération des limites de fonctionnement de l'objectivité du traitement mathématique est centrale pour faire une interprétation correcte des résultats obtenus. Pour illustrer ces limites, nous pouvons prendre l'exemple des systèmes de reconnaissance faciale. Les algorithmes de comparaison de ces systèmes fonctionnent sur des données issues d'une phase d'extraction d'informations spécifiques à partir de photographies ou de dessins de visage. Ces algorithmes fonctionnent donc « objectivement » uniquement dans les limites des données considérées par le système. Ainsi, si ces données extraites ne contiennent aucune information ethnique fiable, le système pourra renvoyer des correspondances dans des ethnies qui ne correspondent absolument pas à la réalité référentielle et que tout humain aurait pu « objectivement » exclure très facilement. Ce problème apparent d'exactitude et d'objectivité du traitement du système opère plutôt sur le plan des limites du signal considéré.

Dès que l'on passe au niveau de vue analogique par un interprète humain, il faut faire appel au principe de rigueur élastique du paradigme indiciaire. En faisant intervenir une rigueur de travail, certains savoir-faire, des savoirs latéraux suffisants, le respect des règles constitutives et normatives, un certain effort, etc., il est possible d'obtenir une relative convergence interprétative, quels que soient les signifiants considérés et les types de signifiés (dénotation ou connotations).

En schématisant le processus, nous pouvons considérer que l'objectivité de la réception opère au moins à deux niveaux : l'identification des signifiants du pôle objet du signe et la détermination de leurs signifiés dénotatifs et connotatifs du pôle interprétant. La recherche et l'identification des signifiants correspond à l'instinct du chasseur du paradigme indiciaire, alors que le second à la phase interprétative dans les limites des signifiants considérés.

Dans le champ des possibles d'identification des signifiants et de détermination interprétative de leurs signifiés par chaque interprète que permet l'image photographique, seulement certaines configurations s'imposent et convergent en fonction de la difficulté de lecture de l'image et de son efficacité identificatrice. Le principe de rigueur élastique du paradigme indiciaire est présent, sous-jacent à toute interprétation dénotative ou connotative humaine, encore faut-il démontrer une certaine rigueur. Pour illustrer cette problématique, nous pouvons soumettre cet exemple tiré de l'enseignement pratique à l'École des sciences criminelles (ESC) que nous traiterons uniquement sur le plan de l'identification des signifiants. L'émetteur et le récepteur primaire sont la même personne. La photographie présente une comparaison de marques moulées de percuteur entre une douille indiciaire à gauche et une douille de

référence à droite. La fonction de désignation de l'index est de montrer certaines caractéristiques spécifiques que l'étudiant a identifiées visuellement au microscope comparateur et qui montrent une certaine correspondance entre ces marques de percuteurs. Une fois l'image réalisée, ce dernier indique par des traits rouges les détails de correspondance qu'il a identifiés. La question de l'objectivité se poserait ici dans les termes suivants : à savoir latéraux similaires, quelle serait la convergence dans l'identification de ces détails spécifiques correspondants ? A partir des images produites, nous pouvons raisonnablement douter d'une telle convergence. Il est cependant possible que la photographie soit simplement ratée et ne montre pas ce qui a été observé au microscope comparateur : il y a parfois un gouffre entre l'observation optique directe en trois dimensions et celle de son enregistrement photographique en deux dimensions, forcément appauvrie en information.

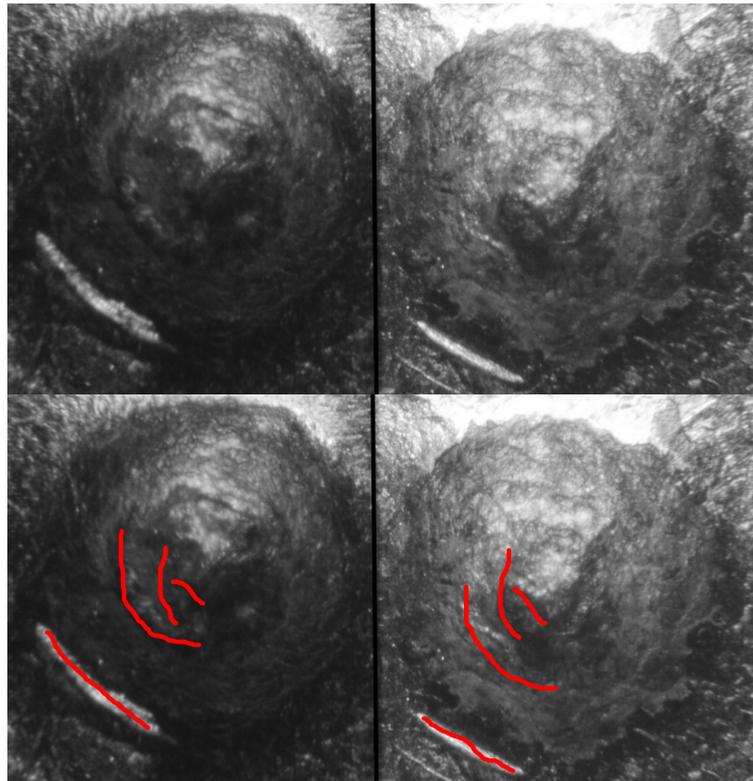


Figure 35 : Comparaison de marques de percuteur entre une douille indiciaire à gauche et une référence à droite. Les images du bas montrent, sur les mêmes images, les marques spécifiques identifiées par l'étudiant qui correspondent, selon lui, entre les deux douilles et lui permettent de conclure à une probable correspondance (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2011).

La tentation est grande de vouloir objectiver cette interprétation à nouveau par les mathématiques et les statistiques et de revenir ainsi au niveau photonique. Cependant, dans ce genre de systèmes, précédemment appelés ouverts entre la réception mathématique et analogique, la rigueur élastique subjective inhérente au processus d'identification dénotative par un interprète est souvent ignorée dans les fonctions mathématiques et statistiques qui se calculent à partir de ces identifications. A nouveau, il faut considérer que l'objectivité mathématique n'est effective que dans la fenêtre du traitement. A l'image de la photographie, tout ce qui précède et qui suit cette fenêtre n'échappe pas au code de l'index et donc à une certaine rigueur élastique. Si le signal d'entrée est subjectif, le traitement mathématique ne supprimera pas pour autant cette subjectivité même s'il peut parfois en donner l'illusion.

Ces quelques considérations sur l'objectivité nous permettent de mieux préciser certaines des stratégies communicationnelles. Nous nous intéressons particulièrement à certaines stratégies qui paraissent particulièrement pertinentes dans le contexte de la photographie judiciaire. Cette description se fera non pas sur des oppositions des fonctions, mais plutôt sur les particularités des contextes et des mécanismes par lesquelles ces stratégies opèrent. Comme nous avons déjà pu le montrer par certains exemples, ces stratégies ne sont ni exclusives ni en concurrence entre elles, mais en interaction : elles peuvent tout à fait se cumuler ou s'intervertir en fonction des configurations des contextes de réception.

Dans un premier temps, reprenons brièvement les caractéristiques des huit stratégies tirées de Schaeffer présentées dans le Tableau 5 (Schaeffer, 1987: 130-156). Nous nous permettons certaines adaptations par rapport à Schaeffer concernant la description de ses stratégies. Nous insisterons aussi plus longuement sur certaines stratégies qui intéressent plus particulièrement la photographie judiciaire. Enfin, nous nous permettrons de définir et d'ajouter la description de nos propres stratégies communicationnelles.

## 5.4 Les stratégies communicationnelles

### 5.4.1 Le sens du processus circulatoire

Comme avancé précédemment, il faut considérer ces stratégies aussi bien au niveau de leur genèse par volonté anticipatrice du photographe qu'au niveau de sa réception par un interprète en fonction des configurations effectives de son contexte réceptif. Un signe n'est signe que par réception par un interprète dans son propre contexte qui n'implique pas forcément un réel processus circulatoire entre l'émetteur de l'index et son récepteur. Nous considérerons cependant uniquement les cas où se met en place une certaine convergence dans le cadre d'un processus circulatoire entre émission et réception. Ce choix implique donc une considération prépondérante de la volonté stratégique de l'émetteur en vue d'une réception plutôt que celle inverse beaucoup plus aléatoire. Ce choix est cohérent dans le sens que c'est bien l'émetteur qui sait pourquoi et comment il a produit l'image photographique. L'émetteur élabore le signifiant à transmettre au récepteur en anticipant certaines règles de réception en vue d'un signifié déterminé. Au récepteur de connaître et de suivre les règles de réception anticipées par l'émetteur pour en déterminer les signifiés correspondants : “ [...] *La triple condition [...] présumée par tout message intentionnel : émission intentionnelle, reconnaissance de l'intentionnalité de l'émission et identification de l'intention (du vouloir dire)* ” (Schaeffer, 1987: 98).

### 5.4.2 Les constellations des stratégies communicationnelles

La conception dichotomique et séquentielle proposée par Schaeffer dans le Tableau 5 et dont il propose une version plus dynamique par la suite (Schaeffer, 1987: 139) demeurent selon nous figée sur le concept trop réducteur d'un positionnement dans un environnement spatial à deux voire trois dimensions. En effet, dans cette conception, chaque stratégie occupe simplement un espace particulier plus ou moins bien défini dans un environnement fixe. A l'image de certains développements dans la conception de stratégies commerciales (Normann et Ramirez, 1993: 65), nous proposons dans ce travail d'utiliser une notion plus dynamique, plus évolutive et plus adaptative: celle de constellations. Chaque stratégie n'occupe plus simplement un espace d'un univers, mais est définie par la configuration des relations entre certaines entités particulières qui composent cet univers. Dans cette perspective, ce ne sont plus les stratégies qui sont fixées dans l'espace, mais la position des entités définies composant cet univers. L'univers peut dès lors se complexifier par la considération de nouvelles entités. A l'image des constellations d'étoiles auxquelles un nom conventionnel est attribué, on peut nommer certaines configurations typiques à savoir certaines stratégies communicationnelles spécifiques.

Pour réduire le champ des possibles et pour garantir une certaine cohérence dans l'univers défini, il nous semble aussi pertinent d'ajouter à notre modèle les notions de « propagation » dans l'univers et d'« affinités électives » entre entités. La notion de propagation opère dans le positionnement des entités dans l'univers. Ces dernières sont organisées dans une séquence particulière en suivant une certaine logique en rapport aux trois pôles du signe que nous avons décrits précédemment. Les affinités électives font référence au fait que les entités peuvent avoir une tendance plus moins forte de se mettre en relation uniquement avec certaines entités. C'est pourquoi, dans la définition de notre univers, nous ne nous limitons pas à une liste d'entités qui le composent, mais nous en déterminons leur position dans l'espace ainsi que leurs relations possibles. Nous avons défini, en reprenant les composantes principales que nous avons identifiées jusqu'ici, l'univers sémiotique présenté dans la Figure 36.

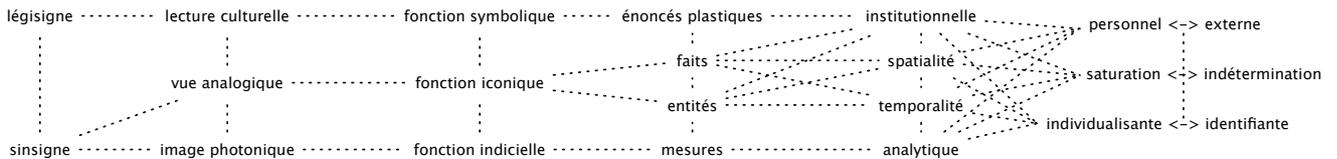


Figure 36 : Définition de l'univers sémiotique de la photographie.

Il est évident que cet univers est discutable à tous les niveaux : entités considérées, leur position dans l'espace et leurs relations possibles. Cependant, il nous semble représenter une base suffisante à notre analyse. Il pourra être complété, ou adapté à volonté, en fonction des critères de chacun.

Ce modèle de constellation offre selon nous plusieurs possibilités particulièrement intéressantes, car il comprend plusieurs notions et informations :

- La configuration définie entre les entités permet à la constellation résultante de donner une indication de la propagation du fonctionnement de cette stratégie. De cette manière, des stratégies différentes peuvent considérer les mêmes entités, mais dans des configurations différentes.
- Le nom conventionnel d'une stratégie est attribué à une configuration typique. Il n'en demeure pas moins que cette décision est très arbitraire et qu'à partir de cette constellation typique peuvent se construire une multitude d'autres constellations proches qui découlent de la première. Il faut considérer la constellation comme évolutive et adaptative.
- La constellation peut très bien opérer comme modèle théorique général d'une stratégie typique, mais aussi comme configuration d'une situation sémiotique particulière et individuelle.
- La constellation est un concept additif. Deux constellations peuvent, dans certains contextes, s'additionner pour en former une nouvelle qui résulte de leur conjonction.
- Enfin, l'univers peut facilement se complexifier en fonction du modèle de base et des entités considérées.

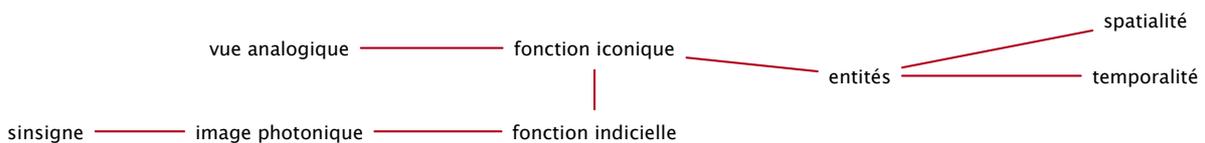
Le concept de constellation et l'univers de base étant désormais posés, nous pouvons dresser un inventaire non exhaustif de stratégies communicationnelles et de leur constellation correspondante. A chaque stratégie ne seront considérées que les entités d'intérêt dans l'établissement de leur constellation de base. Pour certaines stratégies qui sortent, à notre sens, du cadre de l'univers défini dans la Figure 36, nous nous permettrons de ne pas spécifier leur constellation.

## De l'analyse

sinsigne — image photonique — fonction indicielle — mesures — analytique

La stratégie de l'analyse établit l'image comme pur résultat d'un dispositif analytique comme tout autre appareil analytique. L'image est au plus proche des particularités de l'enregistrement photographique décrit précédemment à savoir : un enregistrement d'amplitude échantillonné et quantifié. Dans cette stratégie, la vue analogique est totalement secondaire. La relation avec le référent opère au niveau de l'analyse de certaines de ses caractéristiques. L'image est une matrice de valeurs quantifiées organisée spatialement qui caractérise certains aspects du signal source. Pour ce type d'image, la calibration et les réglages du système d'enregistrement selon les besoins de l'analyse traitée sont de première importance. On peut citer notamment toutes les images de calibration, de mesure de signal photométrique ou de caractérisation colorimétrique ainsi que les images d'interférométrie. Des méthodes d'analyses de pilules de stupéfiants utilisent la photographie dans des conditions calibrées pour en extraire automatiquement des informations colorimétriques, de textures et de formes. Ces données analytiques permettent un profilage utilisable à des fins de renseignement sur les saisies de ces pilules (Camargo, Esseiva, et al., 2012: 298).

## De la trace



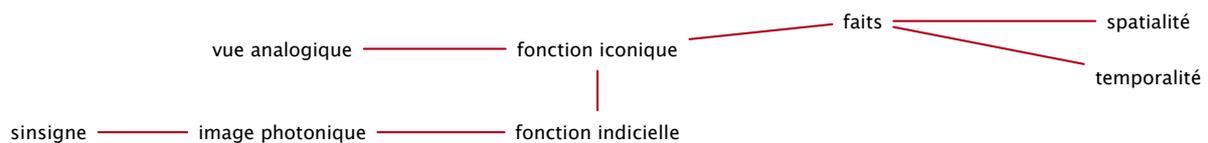
La stratégie communicationnelle de la trace « *institue l'image en signe indiciel de l'existence, au moment t de la prise [...], d'entités physiques quelconques* » (Schaeffer, 1987: 130). La relation avec le référent ne se situe plus sur la mesure physique de ce dernier, mais plutôt sur l'attestation de son existence comme entité. Il faut remarquer que la stratégie opère aussi bien associée ou non à une expérience visuelle. Autrement dit, il ne faut pas comprendre la stratégie de la trace comme étant forcément exclusivement associée à attester l'existence d'entités latentes, invisibles ou inaccessibles à l'expérience visuelle humaine. L'enregistrement photographique de faibles luminescences invisibles à l'œil humain durant un examen au Luminol institue l'image comme signe attestant de l'existence au moment t de ces taches luminescentes aussi bien que celui d'une tache de sang parfaitement visible. Dans cette optique, la distinction entre image « visuellement vérifiable » et « analysée » (Blitzer et Jacobia, 2002: 201) n'opère pas au niveau de la stratégie de la trace proprement dite, mais plutôt au niveau des savoirs latéraux nécessaires pour garantir l'attestation d'existence de l'entité.

De plus, cette stratégie peut fonctionner aussi bien dans un contexte de découverte que dans celui de confirmation (Schaeffer, 1987: 131). Dans un processus de découverte, la détermination de l'existence de l'entité comme entité particulière impose une certaine forme d'étonnement, de rupture ou d'interprétation. Dans la Figure 37, l'index photographique désigne la découverte de l'existence de l'entité *débris de verre sans suie* au moment de la capture à cet endroit en utilisant la stratégie communicationnelle de la trace. Dans le cas d'une confirmation, l'existence de l'entité est postulée par certains savoirs. Les « pièges photographiques » d'animaux où l'on postule la présence de loups dans une région particulière sont un exemple de confirmation.



Figure 37 : Photographie de la découverte d'un débris de verre sans suie attestant de l'existence de cette entité identifiée comme entité particulière (image de la collection de l'ESC).

## De l'expérience



La stratégie de l'expérience se distingue de celle de la trace par le fait qu'elle porte sur le fait plutôt que sur l'entité. Elle ne s'intéresse donc plus à la découverte ou la confirmation de l'existence de l'entité en tant que telle, mais plutôt à l'existence à un moment  $t$  d'un état, stable ou instable, des entités ou de leurs relations spatio-temporelles (Schaeffer, 1987: 131). L'état spatio-temporel des entités qui intéresse cette stratégie peut faire suite à un événement quelconque ou dans le cadre d'une expérimentation. Dans le premier cas de figure, nous pouvons imaginer par exemple les configurations spatiales des véhicules et des différentes entités lors d'accidents de la circulation ou encore la dispersion et les formes de taches issues d'une projection de liquide (blood pattern analysis).

Dans le second cas, on peut citer la comparaison de traces d'outils comme dans la Figure 38, l'enregistrement d'images montrant la dégradation de l'essence dans un mélange avec de l'acide sulfurique dans le temps (Martín-Alberca, García-Ruiz, et al., 2015: 448) (Figure 39), les tableaux de détermination de distances de tirs (Ségalat, 1975: 12), etc.

Il ne faut pas considérer la distinction entre l'expérience et la trace comme absolue (Schaeffer, 1987: 132): si l'on reprend la Figure 37, c'est bien la relation spatiale de ce débris parfaitement propre et transparent au milieu des autres noircis par le feu qui rend l'existence de cette entité particulièrement intéressante : ce morceau de verre sans suie implique un verre brisé avant le déclenchement de l'incendie, que cet élément soit lié ou non à ce dernier.

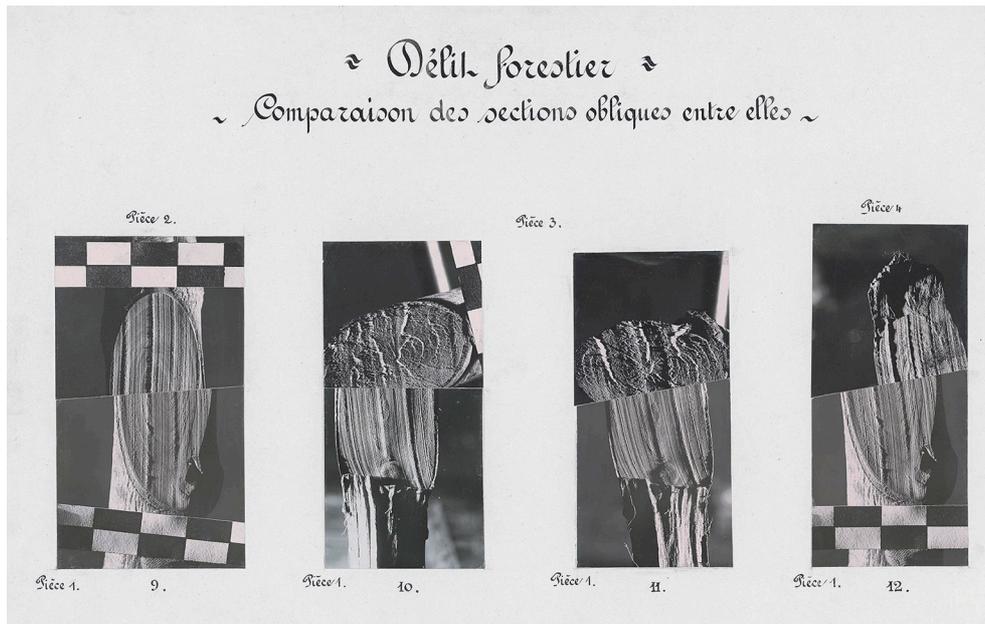
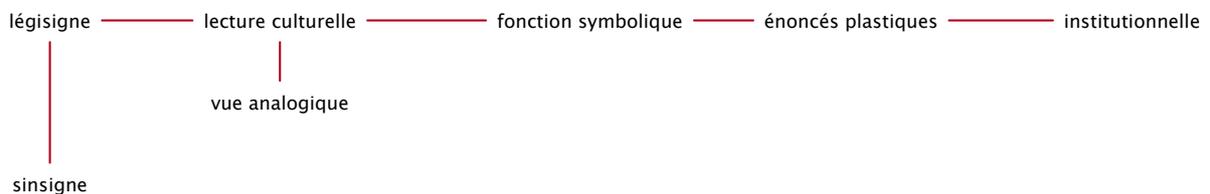


Figure 38 : Expérimentations de comparaison de traces glissées d'outils sur des sections de branches montrant certains états spécifiques de ces comparaisons tirées de la collection de travaux d'étudiants de l'ESC (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Bischoff, 1916).



Figure 39 : Photographies montrant l'existence d'une dégradation de l'essence avec de l'acide sulfurique à t=0h, 3h, 7h, 30h, 48h après le mélange des liquides (image reprise de Martín-Alberca, García-Ruiz, et al., 2015: 445)

## Du protocole



La stratégie du protocole ne vise plus l'existence d'une entité ou d'un fait dénoté dans l'image, mais au niveau de l'existence connotée d'une méthode externe, qu'elle soit ou non établie culturellement ou institutionnellement, appliquée pour la produire. En principe, la stratégie du protocole ne fonctionne pas seule, elle s'ajoute par addition des constellations à d'autres stratégies de base. Dans la Figure 39 ci-dessus, à la stratégie de l'expérience montrant l'existence du fait observable de la dégradation, s'additionne celle du protocole par le fait que les bouteilles semblent par des signes plastiques et des

informations contextuelles, être photographiées selon une méthode établie. Cette couche additionnelle de protocole connotée renforce le sentiment de fiabilité et de validité de l'existence du fait. Il en serait probablement tout autre si les bouteilles avaient été enregistrées dans des conditions complètement différentes et à des intervalles de temps aléatoires ou non spécifiés.

Certaines stratégies, comme la démonstration que nous décrirons par la suite, comportent déjà intrinsèquement celle du protocole. L'intégration de la stratégie du protocole dans l'image consiste à transformer l'image sinsigne en légisigne par certains éléments conventionnels établis dans un contexte culturel ou institutionnel. Il faut préciser que le degré de saturation du protocole dans l'image peut être très variable. Il existe plusieurs types de signes conventionnels qui participent à la mise en place d'une stratégie du protocole :

- Des signes conventionnels externes à l'image par exemple une loi (les images radars de contrôle de vitesse ou de feux rouges) ; une procédure standard institutionnelle (photographier des séquestres avant leur ouverture ou le suivi une certaine démarche de travail logique et établie lors de la progression de la fixation photographique d'une scène de crime) ; ou des habitudes culturelles (les photographies de mariages occidentaux ont des moments clés à ne pas manquer par le photographe). Ce type d'éléments est utilisé pour des protocoles qui fixent la démarche de travail.
- Des signes plastiques de construction ou de composition des photographies généralement stables et répétitifs. Nous avons déjà pu remarquer dans la Figure 38 que la répétition de la composition de chaque image d'expérimentation donne à l'ensemble une dimension protocolaire relativement forte à la démarche. La dimension protocolaire sera encore plus forte dans le portrait signalétique mis en place par Bertillon à la fin du XIX<sup>e</sup> comme dans la Figure 40. Cette fois, ces éléments plastiques sont utilisés pour des protocoles qui ont des objectifs sur les conditions de prise de vue pour une certaine restitution du référent.

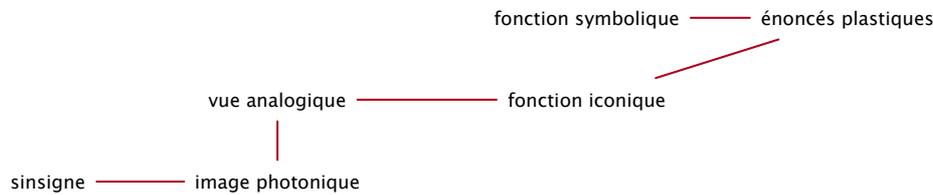


Figure 40 : Portraits signalétiques attribués à Alphonse Bertillon (1901-1908) (repris de la collection Artstor : [https://library.artstor.org/asset/SS7731421\\_7731421\\_11352111](https://library.artstor.org/asset/SS7731421_7731421_11352111)).

- Des entités intégrés à l'image (repères ou échelles métriques, sensitométriques ou colorimétriques, étiquettes, identifiants, etc.). Ces derniers signes sont utilisés pour des

protocoles qui s'intéressent aux caractères qualitatifs et quantitatifs du référent ainsi qu'à sa détermination.

## De la transcendance et du savoir-faire



La stratégie de la transcendance consiste à rendre explicite le fait que l'image se situe hors d'atteinte de l'expérience sensorielle humaine. En quelque sorte, la transcendance montre que l'image *rend visible l'invisible*. De toute évidence, cette stratégie opère pour les images fabriquées comme celles liées au domaine médical notamment, mais aussi pour celles enregistrées. Nous pouvons distinguer au moins quatre situations de transcendance différentes, mais pas forcément exclusives: rendre visible (1) ce qui n'est pas visible sous un éclairage ou une lumière habituelle (2) ce qui est caché derrière un obstacle opaque qu'il faut rendre translucide voire transparent (3) l'infiniment petit ou l'infiniment grand (4) au-delà et au-delà du spectre visible (Fontanille, 2009: 12). La photographie en infrarouges de la Figure 41 utilise la stratégie de la transcendance selon les situations (2) et (4) décrite ci-dessus :

- (4) : l'image rend explicite – ou du moins donne des indications – par des éléments plastiques le fait qu'elle n'est pas simplement une image en niveau de gris dans le visible que l'on sache ou pas qu'il s'agit effectivement d'une image en infrarouge.
- (2) : Les détails des montagnes sont rendus visibles à travers la brume opaque par diffusion dans le visible et complètement transparente en infrarouges.



Figure 41 : Photographies dans le visible (à gauche) et en infrarouges (à droite) d'un même paysage à quelques minutes d'écart (Photographies produites par D. Tamburrino dans le cadre du projet du Campus Virtuel Suisse Nicephor[e], EPFL, 2007).

Cette explicitation de la transcendance peut être simplement inhérente à la technique utilisée ou être renforcée volontairement par l'opérateur. La stratégie de la transcendance est, dans l'esprit commun, souvent associée à « l'imagerie scientifique » : pour qu'une image soit « scientifique », il faudrait qu'elle transcende la vision humaine. Dans le cadre de ce travail, nous avons retenu une définition plus large de l'imagerie scientifique en considérant que c'est d'abord le regard du scientifique dans le processus de production qui est déterminant et pas seulement le moyen ou le résultat. Cette définition plus large ne nécessite pas forcément la transcendance, mais requiert généralement le protocole.

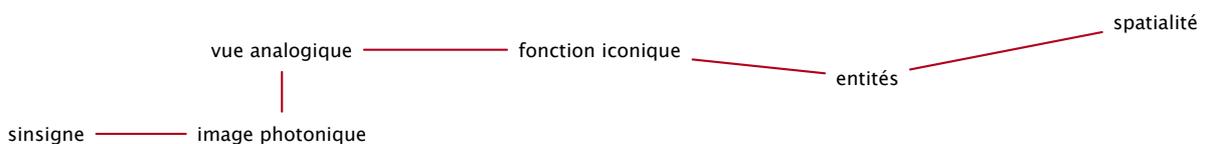
La transcendance ne s'intéresse donc plus directement aux entités ou aux faits, mais aux aspects plastiques de la représentation qui ajoute à l'image une valeur symbolique de l'ordre du scientifique. Dans la même optique que le protocole, la transcendance s'additionne généralement à d'autres stratégies communicationnelles.

Un corolaire qui reprend le même modèle de fonctionnement que la transcendance correspond à ce que l'on peut appeler la stratégie du savoir-faire. Il s'agit désormais de rendre explicite simplement le savoir-faire technique de l'opérateur ou technologique du dispositif d'enregistrement. Les images de démonstration d'un dispositif ont pour objectif de rendre explicites ses possibilités particulières : son pouvoir de résolution, sa qualité de restitution, etc. Il en sera de même pour le savoir-faire technique de l'opérateur comme le montre l'exemple de la Figure 42. Comme autre exemple tiré du monde publicitaire utilisant cette stratégie, les photographies de voitures ou de montres présentent généralement des images très techniques mettant en avant le savoir-faire du photographe et, par extension symbolique, celui du fabricant de l'objet mis en valeur.



Figure 42 : Deux photographies d'une même pièce de montre en macroscopie par deux opérateurs différents. L'image de gauche rend explicite un certain savoir-faire photographique de l'opérateur. Cette explicitation est d'autant plus forte par la juxtaposition des deux images (photographies issues des enseignements pratiques de l'ESC, 2018).

## Du fac-similé et de l'analogon



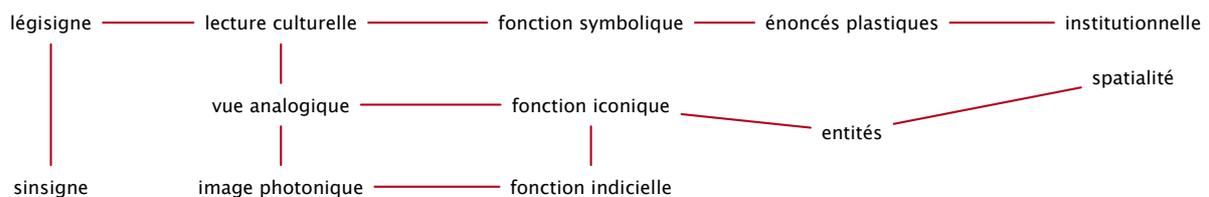
La stratégie du fac-similé repose fondamentalement sur l'objectivation de la « ressemblance » de la représentation à son référent, du *c'est tel*. Elle porte sur les entités considérées dans leur entièreté dont leur restitution doit être proche de l'expérience perceptive. C'est la stratégie principale de l'éclairage photographique de la reproduction dont le but est d'éclairer de manière homogène et neutre une surface. Elle est aussi utilisée à notre sens dans la photographie signalétique mise en place par Bertillon. Le protocole mis en place par Bertillon fixe notamment la position des lampes, du référent, l'expression neutre de ce dernier, etc. Tous ces éléments du protocole, visibles dans la Figure 40, visent l'objectivation de la restitution référentielle comme facilitateur des processus de reconnaissance et d'identification. A la stratégie du protocole, s'ajoute donc celle du fac-similé pour optimiser le potentiel de reconnaissance. La stratégie du fac-similé est en relation étroite avec l'expérience sensorielle humaine dans des conditions

standards de lumière dite « blanche ». Elle concerne donc principalement la restitution par réflexion de la lumière blanche, naturelle ou artificielle, des surfaces des entités ou la transmission au travers de matériaux transparents. Une stratégie identique peut aussi se mettre en place pour des conditions de vision qui s'éloignent de l'expérience visuelle humaine classique. Nous parlerons dans ce cas de stratégie de l'analogon qui additionne la stratégie du fac-similé à celle de la transcendance. Dans la Figure 43, la radiographie aux rayons X du tableau de Manet, même si elle se distingue de l'expérience sensorielle humaine, reste une forme de « reproduction » du tableau qui a pour but d'avoir une certaine fidélité par rapport au référent. Cette reproduction aux rayons X suit les mêmes critères d'objectivation de la représentation que le fac-similé de gauche, mais plus forcément en vue d'une adéquation avec l'expérience visuelle, c'est pourquoi nous distinguons les stratégies du fac-similé et de l'analogon.



Figure 43: « Un bar aux Folies Bergère » (1882) d'Édouard Manet. A gauche une reproduction du tableau et à droite une radiographie aux rayons X de ce même tableau (repris de la collection Artstor : [https://library.artstor.org/asset/ACOURTAULDIG\\_10313599356](https://library.artstor.org/asset/ACOURTAULDIG_10313599356) et [https://library.artstor.org/asset/ARTSTOR\\_103\\_41822003617352](https://library.artstor.org/asset/ARTSTOR_103_41822003617352)).

## De l'empreinte



La stratégie de l'empreinte correspond à une addition de la stratégie de la trace avec une forte saturation de la stratégie du fac-similé, du protocole et du savoir-faire. Cette stratégie atteste non seulement de l'existence de l'entité à un moment donné, mais aussi, grâce à son statut protocolaire fort, de la détermination du référent et d'une forme de conformité objective par rapport à ce dernier mis en évidence par un certain savoir-faire.

La portée du protocole sur l'image peut être très variable en fonction du contexte de la stratégie. Dans le fonctionnement de la stratégie de l'empreinte, le protocole relève particulièrement de la garantie de la « continuité de la preuve ». En lien avec la photographie, la garantie de la continuité de la preuve possède principalement quatre volets distincts :

- la garantie référentielle : le référent photographique correspond effectivement au référent réel.

- La garantie opérationnelle : chaque opération sur l'objet est documentée. Ces données opérationnelles correspondent notamment aux questions habituelles de savoir qui a fait quoi, quand, comment et avec quel matériel. La garantie opérationnelle a pour but de savoir tout ce qui a été fait sur l'objet et devrait permettre une certaine reproductibilité des résultats.
- La garantie de préservation : chaque opération sur l'objet est réalisée dans un souci de constant de préservation de l'état de l'objet. Le protocole va garantir si possible la préservation d'une photographie dans son état original et réaliser toutes les opérations sur une copie de travail.
- La garantie de conformité tout au long du cycle de vie: la photographie, dès sa création, est réalisée dans un souci de conformité de certaines qualités du référent. Cette conformité peut prendre plusieurs formes dont la plus évidente repose sur la stratégie du fac-similé et donc de l'objectivation du *c'est tel*, mais pas seulement. En effet, la conformité peut porter sur d'autres types de qualités du référent que par rapport à l'expérience sensorielle humaine. Dans la Figure 44, seule la photographie (a) partage une certaine conformité à l'expérience sensorielle humaine. Il n'en demeure pas moins que les images (b)(c) et (d) qui en découlent par traitements successifs gardent une conformité relative à d'autres qualités de la trace référentielle : position de minuties, forme et directions des dessins papillaires, etc. Selon le principe de continuité de la preuve, cette conformité référentielle doit être garantie, quels que soient les traitements ou opérations effectués.

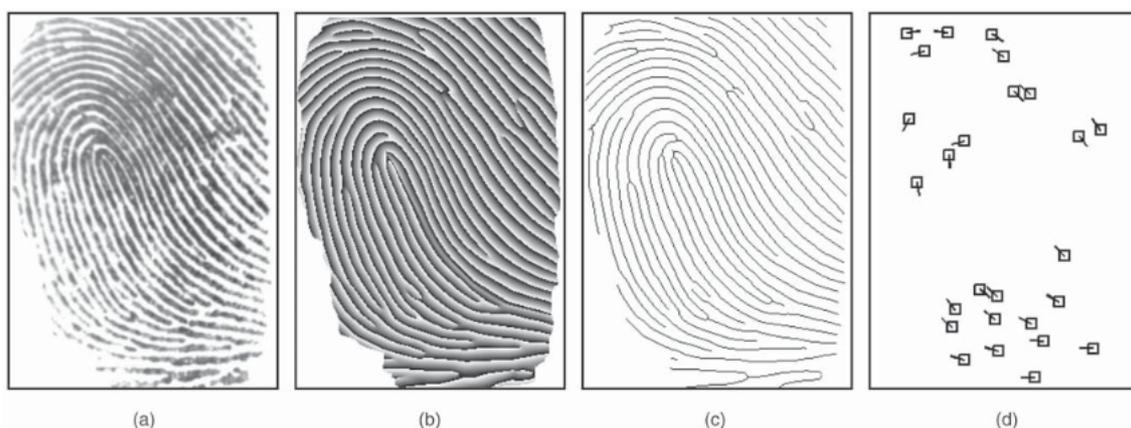


Figure 44 : Quatre représentations différentes d'une même trace référentielle. (a) la photographie en niveau de gris (b) l'image de phase (c) l'image squelettisée et (d) l'annotation des minuties (image reprise de Feng et Jain, 2011).

Certains éléments de ce protocole se retrouveront dans le signe photographique alors que d'autres seront de l'ordre des signes complémentaires sous la forme de métadonnées, d'éléments verbaux contextuels, d'annotations ou de préservation d'états.

Il faut préciser que la portée de la stratégie de l'empreinte est limitée à la détermination du référent direct du signe. Ainsi, « l'empreinte photographique » d'une trace papillaire détermine par convention la trace référentielle. En revanche, elle ne détermine rien du référent de cette trace au contraire d'une « empreinte papillaire », encrage d'un doigt sur une fiche décadactylaire, qui, elle, détermine entièrement, par convention, la source de cette empreinte. La photographie de trace papillaire (a) de la Figure 45 utilise la stratégie de l'empreinte pour saturer la détermination de la trace. Dans cet exemple, il est évident que certains éléments plastiques comme la présence d'un repère métrique, le numéro d'identification de la trace, le point de vue depuis dessus, l'orientation de la trace participe largement à

la mise en place et au fonctionnement de la stratégie de l’empreinte. Sans ces éléments clés, du moins ceux essentiels, la stratégie ne se met pas en place et la détermination de la trace tombe comme le montre la photographie (b).

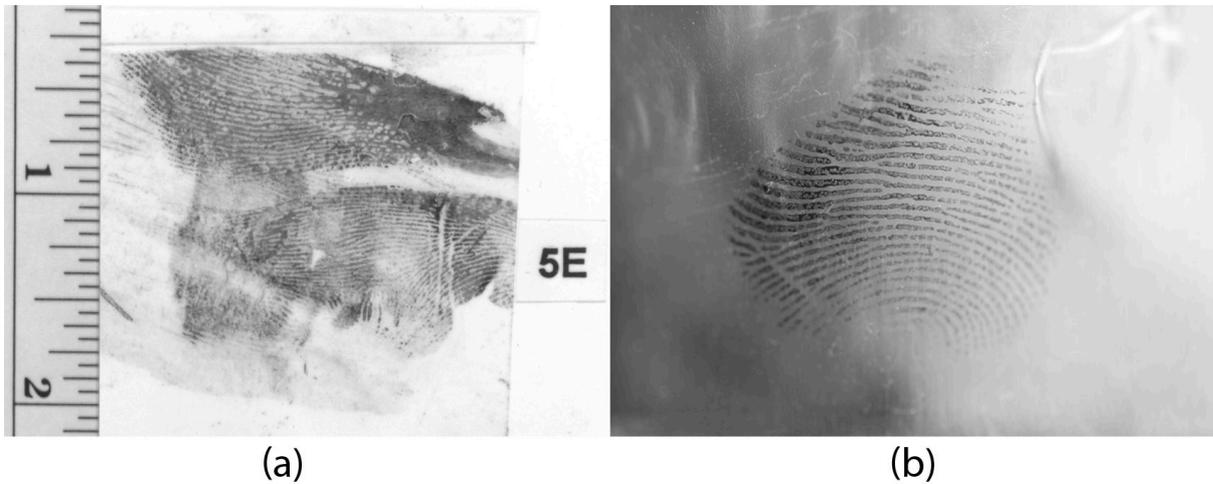
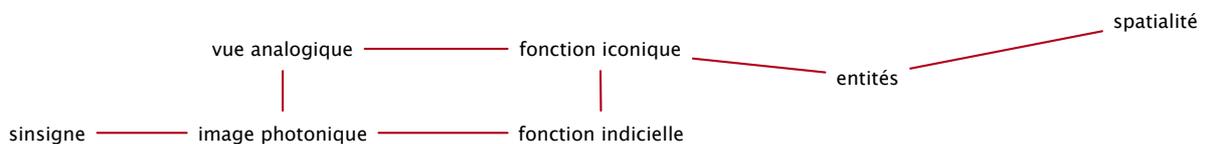


Figure 45 : Photographies de traces papillaires. La photographie (a) utilise la stratégie de l’empreinte : par convention, la détermination de la trace et la conformité par rapport à celle-ci ne font aucun doute alors que pour (b) il manque certains éléments conventionnels clés pour que la stratégie opère (repris à gauche d’un test de compétence de trace papillaire et, à droite, des enseignements pratiques de l’ESC, 2005).

## De la description



La stratégie de la description n’a plus de visée directe d’attestation de l’existence d’une entité impliquant la fonction indicielle de l’image photonique. Elle s’intéresse désormais avant tout à énumérer les principales caractéristiques iconiques des entités dont l’existence est déjà acquise ou présumée. L’entité n’est plus forcément perçue comme un ensemble à la manière du fac-similé, mais comme un inventaire de détails caractéristiques permettant l’identification voire l’individualisation de l’entité globale. La description implique donc le détail comme base indispensable à la construction d’un modèle plus global propre au paradigme indiciaire.

L’optimisation de la description consiste à maximiser l’énumération des détails et leur visibilité analogique : la quantité de détails collectés, le pouvoir de résolution, la technique d’éclairage entrent largement en ligne de compte dans cette stratégie. Au-delà du protocole déjà mis en avant dans les images signalétiques de Bertillon, ces dernières utilisent aussi la stratégie de la description tentant d’énumérer au mieux l’ensemble des détails caractéristiques d’un visage en vue d’optimiser sa classification dans un inventaire et sa reconnaissance (Figure 46).

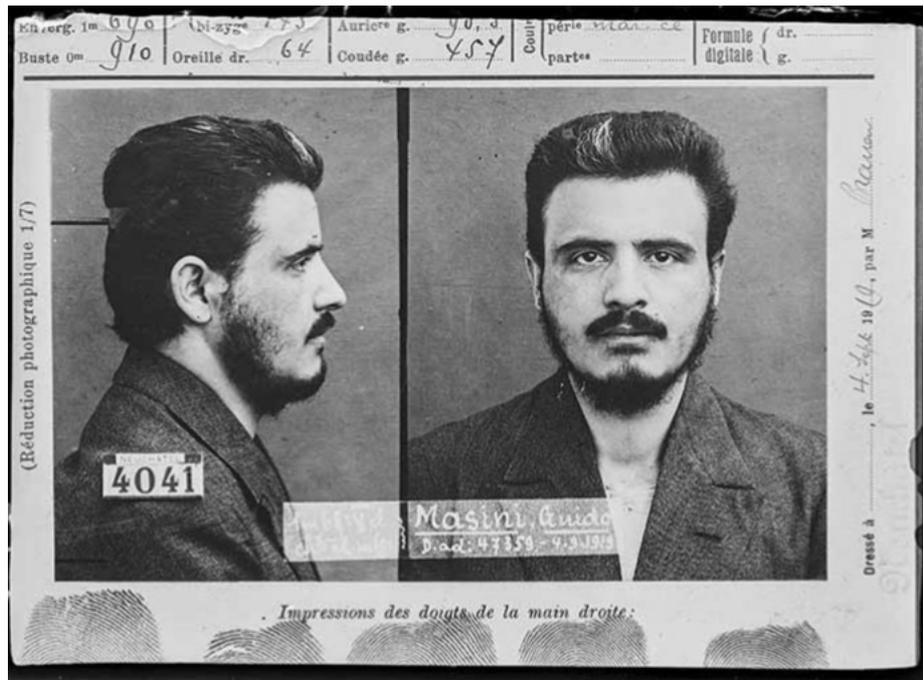


Figure 46 : Portrait signalétique selon le système Bertillon attribué à Reiss permettant de répertorier le plus de détails caractéristiques d'un visage (Reiss, 1909, source : Université de Lausanne, UNIRIS).

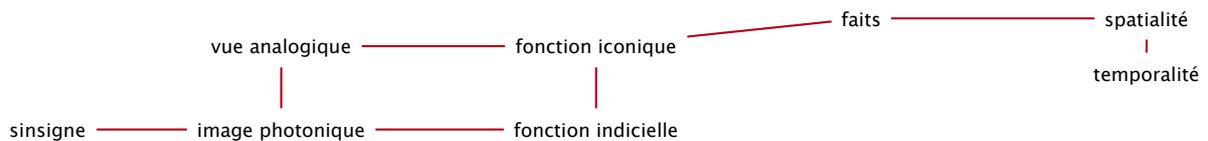
Dans cette stratégie de la description qui s'intéresse particulièrement à l'énumération des détails, on peut aussi considérer la volonté systématique de regrouper toutes les images pour former un ensemble par affaire criminelle à l'image de tout un chacun qui regroupe généralement ses photographies de vacances par voyage. Cette énumération photographique de détails permet la prise en compte de la construction d'un modèle plus large au niveau de l'ensemble que constitue l'affaire traitée dans sa complexité. Dans la stratégie de la description, il n'y a pas d'organisation établie de ces détails : la description énumère, mais n'organise pas. Il faut aussi remarquer que la description peut utiliser et mélanger différents médiums pour énumérer. Ainsi, des photographies peuvent se mêler à des éléments verbaux, des mesures, etc. pour former un ensemble descriptif de l'objet.

En plus de l'énumération de détails, la stratégie de la description explicite aussi la bonne visibilité de ces détails en termes de résolution, de précision ou de mise en évidence par l'éclairage. L'éclairage en lumière frisante d'une semelle permet non seulement l'énumération des détails de surface caractéristiques de cette semelle qui pourront se retrouver sur une trace laissée par cette semelle, mais aussi d'optimiser la résolution et la visibilité de leur forme précise (Figure 47).



Figure 47 : Éclairage en lumière frissante d'une semelle permettant de mettre en évidence ses détails de surface pour en établir une description (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2012).

## Du témoignage



La stratégie du témoignage reprend les codes de la description, mais thématiques sur le fait. Elle consiste à replacer les coupes spatiales et temporelles photographiques dans une séquence narrative d'un événement. Le témoignage établit la photographie comme outil narratif et descriptif d'un fait. Contrairement à la description qui n'a pas forcément de thématisation temporelle, les relations spatiales des entités déterminant le fait du témoignage s'inscrivent forcément dans une séquence avec une certaine temporalité. Le témoignage se distingue aussi de l'expérience par deux aspects principaux. D'une part, l'expérience porte sur des faits qui sont principalement pilotés par l'opérateur alors que les faits sont hors de son contrôle dans le cas du témoignage. D'autre part, le témoignage ne se limite pas à attester objectivement de l'existence du fait comme l'expérimentation. Il explicite ou implique aussi une fonction narrative voire une prise de position de l'opérateur ou de la personne qui instancie la photographie soit dans un discours verbal soit partiellement déterminé par le savoir latéral de l'interprète. La photographie « the Urge to See » du photographe Josef Koudelka (1968) (Figure 48) prise de manière totalement autonome et sans savoirs latéraux n'est pas forcément identifiée comme témoignage. Ce n'est qu'avec un certain savoir latéral sur le contexte que l'interprète réalise que le photographe témoigne des rues désertes de Prague à midi durant l'invasion soviétique de 1968 matérialisée sur cette photographie par la présence d'un véhicule blindé russe sur une des rues principales de la ville. L'indication de l'heure par la montre, qui fonctionne ainsi comme repère temporel intégré à la représentation Tufte (2005: 13), participe largement à la fonction de témoignage de l'image.



Figure 48: Josef Koudelka (1968) "The Urge to See" (repris de la collection Artstor : [https://library.artstor.org/asset/AMAGNUMIG\\_10311567611](https://library.artstor.org/asset/AMAGNUMIG_10311567611)).

La photographie témoignant de l'existence d'un fait est une forme de photographie qui en pleine expansion depuis l'avènement des smartphones. Munie d'un appareil photographique dans la poche, chaque personne est désormais capable de réaliser ses propres photographies ou séquences d'événements auxquels elle assiste. La technologie permet même de les diffuser en temps réel au reste du monde par les réseaux sociaux. Il est évident que ce nouveau type de matériel témoin d'un événement intéresse au plus haut point les services de police.

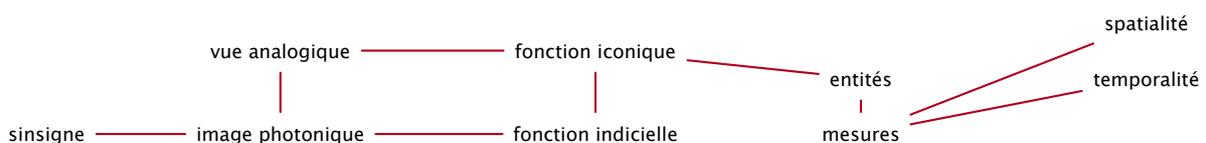
Le témoignage cherche, à l'image de la description, à énumérer les détails du fait traité sans forcément les organiser. Dans cette optique, il est parfois composé d'une multitude de photographies traitant de différents aspects du fait ou de l'événement. Toutes ces images peuvent appartenir à trois phases distinctes successives du témoignage : *ante*, *per* et *post* événement. Ces trois phases ont leur propre utilité respective dans le processus du témoignage : les préparatifs et la montée de la tension événementielle ; le déroulement du fait et le moment clé ou *climax* ; les résultats et conséquences. La photographie de témoignage privilégie généralement les moments clés ou *climax* qui correspondent à l'instant de tension maximum où l'événement est sur le point de se passer ou au moment précis où il se déroule. Il existe de nombreux exemples célèbres tirés de la presse qui illustrent cet intérêt et cette recherche du *climax* événementiel. Dans le contexte policier, ce *climax* tensionnel recherché par le témoignage correspond généralement au flagrant délit.

Le témoignage photographique est aussi un genre journalistique à part entière où l'image est instanciée dans un discours verbal journalistique pour attester de la véracité de ce dernier (Schaeffer, 1987: 139-141). Dans ce genre journalistique, les signes complémentaires qui instancient le signe photographique en lui attribuant certaines valeurs sémiotiques jouent un rôle primordial dans la stratégie communicationnelle. Le témoignage profite ainsi en quelque sorte d'une certaine ambiguïté constitutive des relations entre photographie et discours : il invite l'interprète à propager l'attestation d'existence propre à la photographie, grâce à la connaissance de l'*arché*, vers celui du discours. « *Regardez ! Mon message est vrai, cette image le prouve !* » Ce n'est pourtant pas parce que le témoignage photographique atteste de l'existence d'un fait, que celle-ci doit se propager automatiquement de manière circulaire au

message verbal qui l'accompagne. La puissance de persuasion de l'attestation d'existence de la photographie a tendance à rendre ce transfert implicite. Cependant, il nous apparaît que ce transfert circulatoire entre photographie et discours verbal n'est pas une fonction de la photographie, mais repose principalement sur une habitude ou « règle » éthique, tacite ou explicite, admise socialement qui est censée réguler ce type de discours journalistique. Cette règle éthique admise par l'interprète agit comme un protocole institutionnel donnant à ce type de témoignage un statut d'empreinte plus ou moins établi. Dès le moment où le statut d'empreinte du discours journalistique perd de sa force culturellement par une série de scandales ou de discréditation, ce transfert ne s'opère plus de manière si automatique faisant place à la méfiance ou pour le moins à l'indétermination partielle de l'index. La problématique actuelle des « fake news » menés par certains organes de presse et par des politiciens sont un enjeu majeur pour la considération du discours journalistique comme empreinte garantissant sa véracité auprès des interprètes. Si l'attestation d'existence circulatoire du témoignage entre photographie et discours dépend du statut d'empreinte, il ne faut pas pour autant l'assimiler à de la naïveté ou à de la paresse interprétative. Le statut d'empreinte correspond à une confiance qui se gagne et s'entretient, il n'est pas simplement acquis et donné d'avance par un manque de critique des interprètes.

Le journaliste n'est pas le seul à utiliser le témoignage de manière institutionnalisé et reposant sur le statut de l'empreinte, la police y recourt aussi régulièrement de manière active ou passive. De manière active, la police va déployer des photographes pour couvrir un événement ou un fait comme ça été le cas à Lausanne lors des émeutes anti Blocher de 2007, installer des caméras de surveillance spécifiquement à des endroits pour certains types d'événements, etc. De manière passive, elle va collecter et utiliser des images réalisées volontairement ou accidentellement par des témoins ou des images de caméras de surveillance existantes à proximité du fait. La différence notoire entre le témoignage journalistique et celui policier porte sur le fait que ce dernier s'intéresse à l'événement dans une volonté systématique complémentaire de description des entités qui le compose. Le journaliste couvrant photographiquement une manifestation violente cherche avant tout à témoigner des violences au plus proche du climax tensionnel. Le policier cherchera avant tout à prendre les entités en flagrant délit du fait. En plus du témoignage du fait, voire prioritairement, il a la volonté de décrire le plus précisément les entités, les personnes, impliquées dans ces violences en vue d'une reconnaissance postérieure. Le témoignage photographique policier sur le fait fonctionne donc particulièrement en combinaison avec la description permettant la détermination des entités.

## De la quantification



Cette stratégie ne s'intéresse plus à l'énumération de détails caractéristiques d'une entité ou d'un fait comme la description ou le témoignage, mais plutôt à des aspects quantitatifs d'entités présentes. Il y a dans cette stratégie certaines notions de mesures qui ne sont plus forcément liées directement à la fonction indicielle du signal, mais à des entités iconiques déterminées. Cette mesure peut porter aussi bien sur la spatialité des entités que sur des aspects temporels. Il n'y a plus une énumération de détails hétérogènes composant une entité, mais une mesure d'entités présentant généralement une certaine homogénéité.

Dans la Figure 44 qui présente trois images produites par traitement mathématique à partir d'une photographie d'une trace papillaire, l'image (d) qui énumère les minuties rend explicite le nombre d'entités similaires (chaque minutie) présentes dans la trace papillaire, la mesure de leur position, de leur orientation, de leur densité, etc.

Dans l'image ci-dessous, au-delà de la stratégie descriptive des armes, celle-ci, par la stratégie de la quantification rend explicite l'inventaire des éléments de munitions concernant l'affaire traitée.



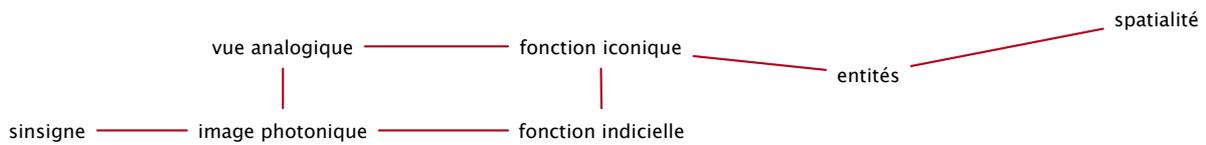
Figure 49 : Photographie d'armes à feu et d'éléments de munition tirée de la collection de travaux d'étudiants de l'ESC (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Payot, 1936).

Complémentairement au dénombrement précis d'entités, la stratégie de la quantification peut aussi être utilisée pour rendre compte de *l'innombrable* et obtenir ainsi un ordre de grandeur. La Figure 50 permet par exemple de quantifier ce que représente une saisie de plus de 6 tonnes de cocaïne. Dans le même ordre d'idée, on pense aussi aux images de foule lors de manifestation ou d'événement d'ampleur particulièrement remarquable.



Figure 50 : Photographie d'une saisie de plus de 6 tonnes de cocaïne par la police antidrogue colombienne (repris du journal Le parisien, 2017 (AFP/HO)).

## De la structuration ou de la reconstruction



La stratégie de la structuration explicite une organisation qui s'additionne à la description. L'énumération des détails ne suffit plus : ceux-ci deviennent organisés et interconnectés. En quelque sorte, les images descriptives deviennent un diagramme en s'intéressant aux relations entre entités ou détails énumérés. La relation entre les détails devient primordiale. S'appuyant sur la description, la structuration regroupe et lie potentiellement différents supports communicationnels. La structuration correspond au tableau récapitulatif des enquêtes qui lie les éléments indicielles entre eux, quel que soit leur type, comme dans un diagramme relationnel utilisé en analyse criminelle (Rossy, 2011: 43) ou dans l'exemple de la Figure 51 (Dessimoz et Champod, 2016: 614).

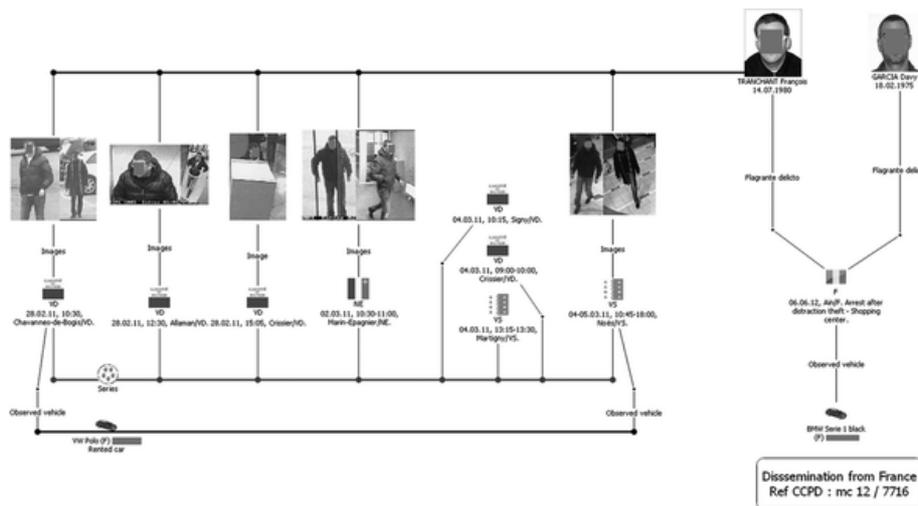


Figure 51 : Schéma relationnel mettant en évidence le lien entre les images de surveillance de plusieurs cas dans différents cantons suisses à une personne identifiée lors d'un cas en France (repris de Dessimoz et Champod, 2016: 614).

Dans une optique plus proche de ce que l'on pourrait appeler la « reconstruction » spatiale, celle-ci explique aussi l'organisation des images d'état des lieux en fonction de leur origine spatiale. On énumère généralement les détails de la scène pièce par pièce ou selon une organisation spatiale définie. La reconstruction visuelle établie lors de l'investigation du tunnel du Gothard qui consiste à placer les photographies des entités importantes dans leur contexte spatial sur un plan du tunnel recourt à la stratégie de la reconstruction (Figure 52). Si nous devons proposer une distinction entre structuration et reconstruction, la première s'intéresserait donc particulièrement à la dimension relationnelle des entités alors que seconde est plus proche d'une dimension spatiale de l'analyse.

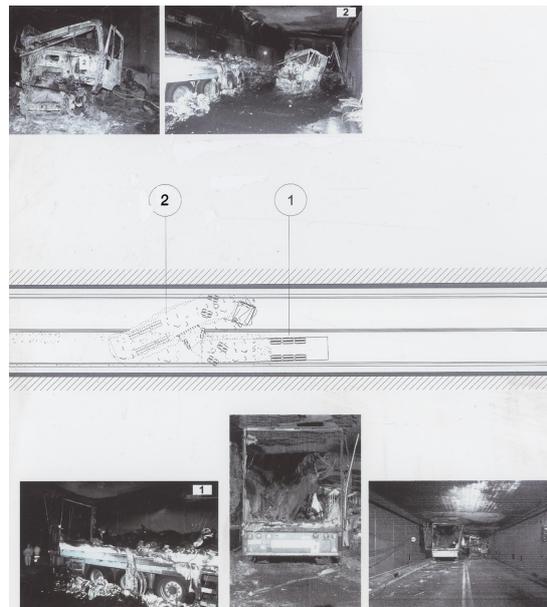
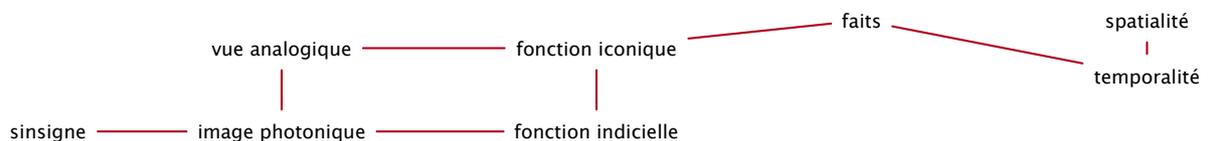


Figure 52 : Extrait de la reconstruction des positions spatiales des véhicules impliqués dans l'incendie dans leur sur un plan du tunnel lors de l'investigation du tunnel du Gothard en 2001 (collection de l'ESC, 2001).

La structuration peut aussi être utilisée pour rendre explicite une certaine méthode de travail. Nous pouvons penser à la méthode *du général au particulier* souvent recommandée en science forensique. Le cadrage spatial présente en premier lieu des vues d'ensemble des entités pour s'intéresser à des détails de plus en plus spécifiques.

### Du déroulement ou de la reconstitution



Lié au fait, le déroulement ou la reconstitution organise le témoignage pour raconter la séquence du fait dans l'ordre temporel. L'organisation ne se fait plus selon des critères relationnels ou spatiaux comme respectivement dans la structuration ou la reconstruction, mais selon la temporalité de la séquence événementielle qui devient dès lors centrale. Cette stratégie s'apparente aux schémas chronologiques ou de flux temporels aussi utilisés en matière d'analyse criminelle (Rossy, 2011: 43-44). L'exemple de la Figure 51 présente aussi une organisation temporelle chronologique de gauche à droite qui s'apparente à la stratégie du déroulement.

Le tri séquentiel des images par leur date et heure de prise de vue permettent comme nous l'avons vu la narration séquentielle d'un événement. Transposée à la fixation d'une scène de crime qui, par définition, intervient après le déroulement des faits, cette même organisation temporelle des images n'est plus révélatrice du déroulement du fait, mais du déroulement de l'investigation même de la scène. Ce genre d'analyse séquentielle est effectuée lorsque certains doutes sont formulés sur le déroulement de cette investigation. Elle permet d'y repérer des erreurs méthodologiques ou des incohérences temporelles. La

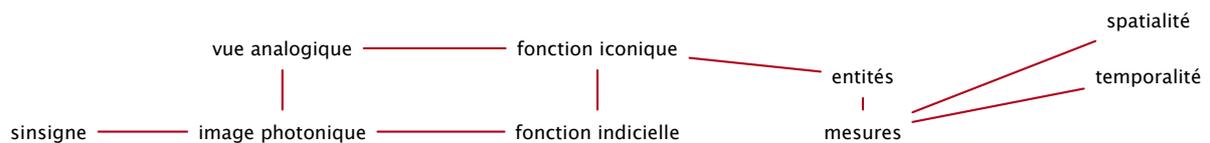
numérotation et les métadonnées temporelles automatiques des images numériques jouent un rôle primordial dans l'élaboration et la reconstitution de la séquence.

Enfin, la synchronisation de plusieurs sources de données (vidéos, sons, photographies) (Milliet, Delémont, et al., 2014) proposée dans la Figure 53 permet d'organiser ces médiums de manière temporelle et ainsi mettre en place une stratégie de la reconstitution de l'événement.



Figure 53 : Reconstitution d'événements violents en Thaïlande en 2010 (repris de Milliet, Delémont, et al., 2014: 115). Les sources distinctes présentant des points de vue différents d'une même scène sont synchronisées selon le schéma temporel présenté en dessous.

### De la distribution quantitative



Alors que la stratégie de la quantification donne simplement à voir des quantités d'entités, la distribution organise ces quantités. Lorsqu'une expérience consiste à tester l'efficacité de différentes méthodes de révélation de traces latentes, plusieurs stratégies peuvent se mettre en place en fonction du message à transmettre. Selon la stratégie simple de la quantification, il n'y a pas d'ordre établi de présentation des photographies attestant de la quantité de signal résultant de la révélation. Dans ce cas de figure, l'opérateur donne à voir des différences quantitatives, mais ne les classe pas et ne donne ainsi aucune information de ses propres conclusions à l'interprète. Il livre ses résultats quantitatifs et c'est à l'interprète d'établir, selon ses propres critères, quelle méthode semble donner la meilleure réponse.

L'opérateur peut aussi montrer des différences quantitatives et les classer par d'autres critères comme, par exemple, temporels (stratégie du déroulement) ou relationnels (stratégie de la structuration). Dans ce cas de figure de la quantification structurée, l'opérateur met en avant l'évolution de la qualité de la détection en fonction du critère de classement, mais ne détermine toujours pas la distribution quantitative des résultats. Dans la Figure 54 ci-dessous, la photographie donne à voir des différences

quantitatives, mais ne traite pourtant pas directement de cet aspect. Elle traite uniquement d'aspects qualitatifs liés aux différences de longueurs d'onde émises en fonction de la taille des quantum dots. Cependant, les différences quantitatives étant présentées à l'interprète, il est difficile pour lui de s'empêcher de considérer que l'émission dans les longueurs d'onde courtes correspondant au bleu fonctionne moins bien que celle dans le rouge.



Figure 54 : Comparaison de la détection de traces papillaires à l'aide de nanoparticules de SiO<sub>2</sub> contenant des quantum dots de taille variable permettant de faire évoluer le maximum d'émission (repris de Moret, 2013: 171).

Ainsi, la stratégie de la distribution quantitative montre des différences quantitatives et les distribue selon des critères qui correspondent à ces mêmes aspects quantitatifs. Dans la Figure 55, les images sont organisées selon la quantification de la qualité de différents donneurs et déterminent ainsi une progression montrée et définie par l'opérateur.

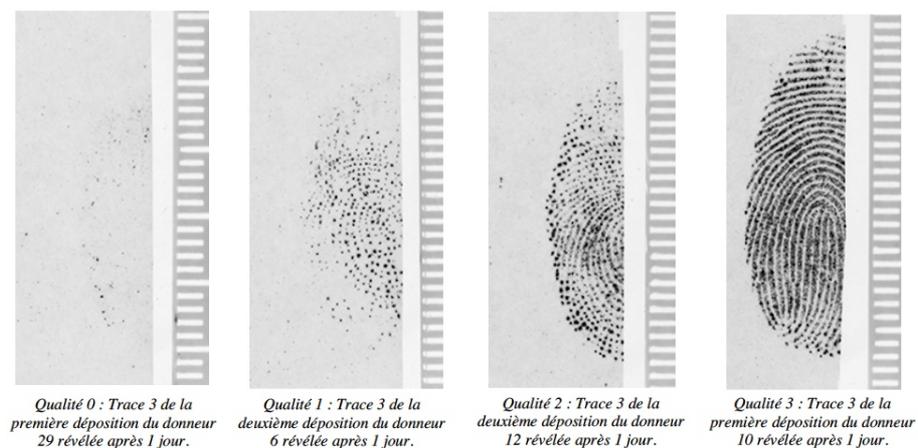
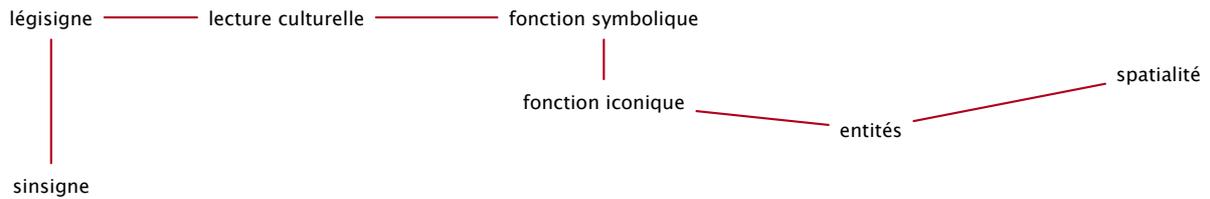


Figure 55 : Images présentant des traces de différents donneurs en fonction de la qualité qui leur a été assignée (repris de Jeanneret, 2018: 19).

La stratégie de la distribution quantitative est aussi utilisée par les systèmes biométriques que ce soit de reconnaissance faciale ou de traces papillaires. Les images sont classées dans un classement établi par le système en fonction du « score de correspondance » quantitatif entre la trace et les références entrées dans le système. Actuellement, dans ce genre de système, seul le rang importe dans ce classement avec une indication du score obtenu. On pourrait aussi imaginer, dans la présentation des résultats, tenir aussi compte des différences entre les scores pour rendre compte non seulement du rang, mais aussi de la distribution de ces scores de correspondance.

## De l'illustration



La stratégie de l'illustration ne s'intéresse plus à l'existence particulière du référent réel de la photographie, mais s'inscrit dans une visée plus globale comme manifestation symbolique d'une classe, d'un type d'entité. Le spécimen d'une classe fonctionne comme modèle représentatif et caractéristique de celle-ci. La fonction illustrative permet une certaine interchangeabilité des spécimens d'une même classe comme modèle de celle-ci (Schaeffer, 1987: 148). Dans cette stratégie, la photographie n'est plus considérée comme sinsigne, mais comme légisigne indiciaire rhématique : il institue la photographie comme « modèle » d'une classe qui traduit un certain accord sur cette classe, indépendamment de ses occurrences réelles individuelles.

La Figure 55 ne présente pas seulement des différences quantitatives entre différents donneurs spécifiques, elle institue les exemples spécifiques comme modèle qui *illustre* une certaine classe à savoir, dans ce cas, un certain niveau de qualité. Dans sa classification des formes de l'oreille (Figure 56), Reiss illustre chaque classe d'un exemple photographique correspondant à une occurrence réelle établie comme modèle.

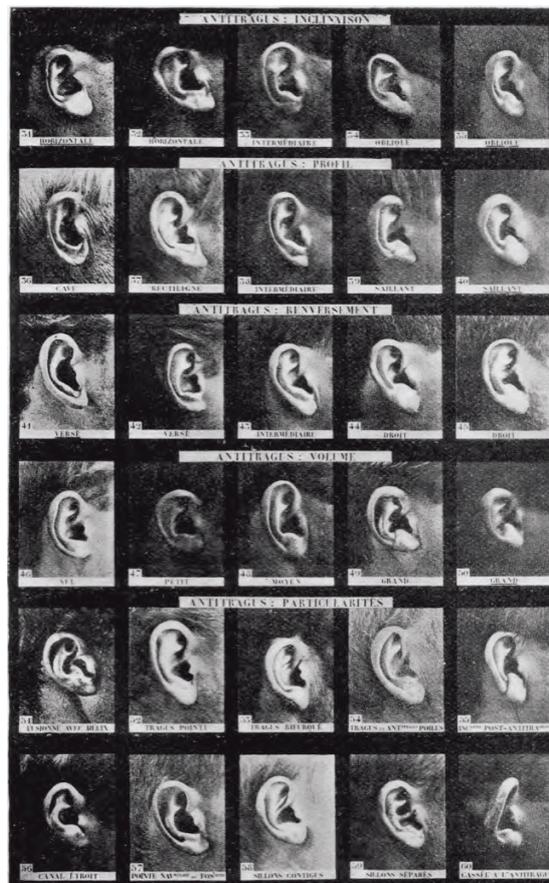


Figure 56 : Classification des formes de l'oreille illustrée par des photographies de spécimens (planche III sur l'antitragus). (Reiss, 1905: 24).

Dans l'optique de l'illustration, le croquis, permettant de mettre en avant par le dessin uniquement les caractéristiques de la classe, peut-être une alternative beaucoup plus puissante pour symboliser celle-ci que le spécimen photographique forcément particulier. Dans le même Manuel du portrait parlé (Reiss, 1905: 28-29), Reiss utilise aussi bien le spécimen photographié (Figure 56) que le croquis pour rendre compte des quatre formes possibles d'oreilles à savoir (1) triangulaire (2) rectangulaire (3) ovale et (4) ronde.

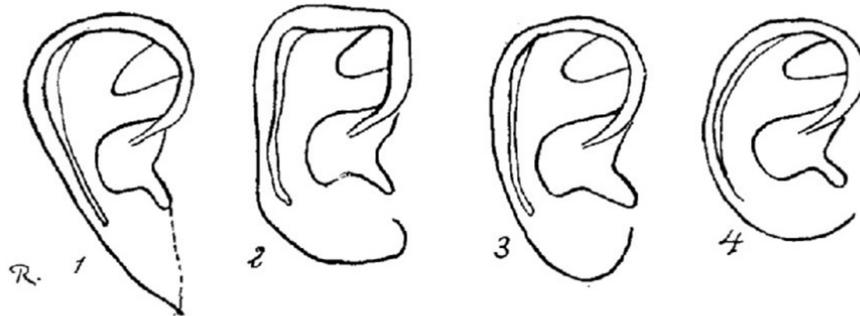


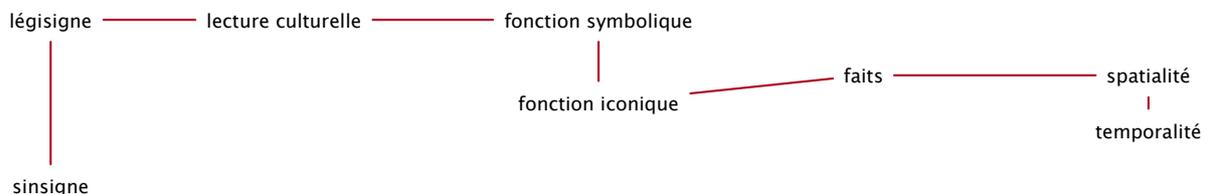
FIG. 25.

Figure 57: Croquis des quatre classes de formes d'oreilles (Reiss, 1905: 29).

Complémentairement au spécimen interchangeable d'une classe ou d'une question plus générale l'illustration fonctionne aussi comme complément d'un message verbal auquel elle est entièrement soumise (Schaeffer, 1987: 136). Le message verbal porte dès lors non plus sur une entité particulière ponctuelle, mais au contraire sur une problématique plus globale et générale. La majorité des figures de ce document fonctionnent selon la stratégie de l'illustration, symbole d'une problématique plus large que le spécimen figuré.

La symbolisation illustrative de la photographie peut aussi parfois fonctionner de manière autonome sans devoir être forcément soumise à un contexte verbal ou structurel tel que décrit dans les situations précédentes. Le glissement vers cette forme extrême de l'illustration se fait par une symbolisation universelle automatique culturellement acquise de certaines images. La plastique particulière et caractéristique des portraits signalétiques selon la méthode Bertillon comme présentée dans les Figures 40 et 45 assimilée culturellement fait que chaque occurrence est dissociée de son référent réel pour devenir un archétype symbolisant globalement l'action policière. Cette symbolisation fonctionne indépendamment du contexte d'insertion. Dans l'illustration autonome, la fonction symbolique sature l'image au détriment de sa fonction indiciaire de renvoi au réel.

## De la monstration



La stratégie de la monstration correspond à celle de l'illustration en considérant le fait plutôt que les entités. L'occurrence particulière du fait n'est plus utilisée comme attestation de son existence, mais fonctionne comme symbole d'une problématique plus large. La photographie réalisée à la base pour

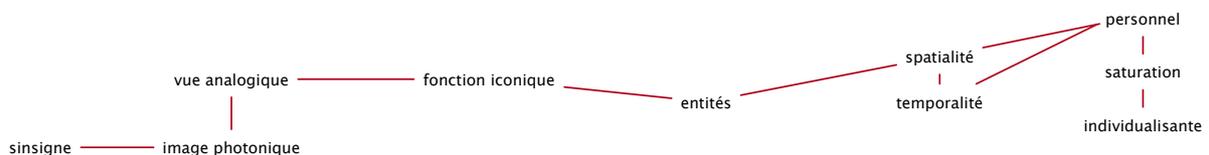
témoigner d'une manifestation particulière peut symboliser, hors de son contexte particulier, la lutte populaire de manière plus globale. A nouveau, sous sa forme faible, la monstration est entièrement soumise au contexte verbal ou structurel qui l'accompagne et qui va influencer l'interprète à considérer l'image comme symbole. La Figure 50 permettant de quantifier une saisie de cocaïne de 6 tonnes peut être utilisée dans un journal d'information comme témoignage de cette saisie spécifique dans l'article d'information du journal Le parisien (2017). Cette même image peut aussi être reprise comme monstration dans un article plus large traitant de la thématique de la lutte contre le trafic de stupéfiants sans aucun lien avec le fait référentiel.

Dans sa forme extrême autonome, la symbolisation de la monstration fonctionne aussi hors de tout contexte verbal comme si l'image, dans certaines configurations culturelles, transcendait par elle-même le fait particulier. Les photographies capables de fonctionner en autonomie ont souvent la particularité de posséder une forte tension émotionnelle et de correspondre au *climax* événementiel que recherche le témoignage. La photographie « The Falling Soldier » de Capa (1936), souvent reprise dans les publications sur la photographie, est une de ces images capables de symboliser la guerre, la mort au combat de manière générale en perdant toute nécessité du lien avec son occurrence réelle particulière.



Figure 58 : Photographie “The Falling Soldier” (Capa, 1936) montrant le moment de la mort d’un soldat républicain lors de la guerre civile espagnole le 5 septembre 1936 (repris de la collection Artstor : [https://library.artstor.org/asset/AWSS35953\\_35953\\_38099849](https://library.artstor.org/asset/AWSS35953_35953_38099849)).

## Du souvenir



Dans les stratégies décrites jusqu'à présent, nous avons principalement considéré la photographie comme coupe d'un présent au moment de l'enregistrement sans véritablement songer à la temporalité entre l'enregistrement de l'opérateur et l'observation par un interprète. Les trois prochaines stratégies thématisent cette question de la temporalité entre le présent de la réception par un interprète et le passé de l'enregistrement de la scène. Cette thématisation implique forcément la question de la configuration

des savoirs latéraux de l'interprète notamment sur la question de l'appartenance du référent à l'univers personnel de l'interprète.

Le souvenir porte sur les entités et n'opère que dans le cas où l'entité enregistrée appartient à l'univers personnel de l'interprète. En appartenant à l'univers personnel proche de l'interprète, son savoir détermine l'information de l'image potentiellement jusqu'à saturation de la fonction indicielle : l'existence et l'individualisation de l'entité ne fait aucun doute faisant partie de l'univers personnel de l'interprète. Alors que la stratégie de la description est dédiée aux autres et ouverte sur le monde extérieur, celle du souvenir est réservée à un usage intime et interne.

La photographie « *est devenue la mémoire artificielle de l'humanité* » disait Reiss (1903a: 1) dans notre citation de départ. Il nous apparaît qu'il faut distinguer deux situations de réception : la photographie fonctionne comme attestation d'existence pour les interprètes dont le référent n'appartient pas à l'univers personnel. Lorsque, au contraire, l'univers personnel de l'interprète sature la détermination référentielle, la photographie peut fonctionner comme *mémoire*.

Dans la Figure 59 reproduisant un billet de banque de 50 francs suisses, la photographie atteste de l'existence de ce billet à une certaine époque pour les interprètes n'ayant jamais connu cette génération de billets de banque alors qu'elle provoque le souvenir aux interprètes l'ayant connu et pour lesquels son existence en tant que billet ne fait aucun doute.



Figure 59: Photographie d'un billet de banque de 50 francs suisses datant de 1961 dans le cadre d'une expertise de billets de banque tirée de la collection de travaux d'étudiants de l'ESC (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Münch, 1968).

Comme le relève Reiss, la stratégie photographique du souvenir est centrale pour l'enquêteur. Elle fonctionne comme support mémoriel impartial lui permettant de faire appel à ses souvenirs, de les confronter et de les confirmer. Déjà selon Reiss, le souvenir sature tellement le référent, que l'interprète a tendance à ne plus regarder suffisamment les détails de la photographie. Il propose, pour contrer la dominance du souvenir, d'inverser certaines images pour les regarder avec un regard neuf (Reiss, 1903a).

## De la remémoration



La remémoration fonctionne de la même manière que le souvenir, mais tournée vers le fait et l'instant plutôt que sur les entités. L'enquêteur se *souvient* de la scène de crime avec les photographies de l'état des lieux et se *remémore* l'enquête à partir de ces mêmes images. A nouveau, cette stratégie ne peut se mettre en place que lorsque le fait appartient à l'univers personnel de l'interprète. Il faut remarquer que l'univers personnel peut inclure simultanément les entités et le fait photographiés, mais ce n'est pas forcément toujours le cas. La photographie d'un nouvel élément d'enquête dans une ancienne affaire permettra à l'enquêteur de se remémorer l'affaire en question, mais il ne pourra pas se souvenir de ce nouvel élément puisqu'il le découvre à l'instant dans une photographie attestant de son existence.

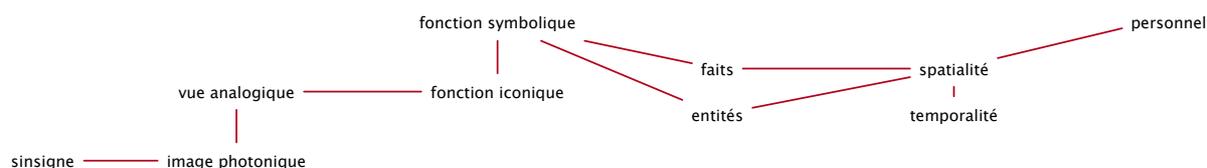
La stratégie de la remémoration se distingue du témoignage par le fait que ce dernier a pour but avant tout d'informer le monde extérieur alors que la remémoration reste du domaine privé. Il ne faut pas considérer cette distinction comme exclusive, car les images de témoignage peuvent simultanément aussi avoir une portée de remémoration en fonction de la configuration des savoirs de l'interprète.

Enfin, par son aspect descriptif, la stratégie du souvenir privilégie la pose du référent alors que la remémoration, plus proche du témoignage, favorise l'instantané véritable : les entités sont photographiées dans l'action du fait. Les photos de vacances ou de voyage illustrent bien cette différence : il y a d'un côté les photographies posées avec des portraits devant certains monuments qui s'inscrivent dans le souvenir et de l'autre, les instantanés dans l'action de l'activité qui relève de la remémoration. « *Been there ; done that* » disait une campagne publicitaire d'agence de voyages en 2018. Dans la photographie instantanée ci-dessous, la volonté primaire de l'opérateur relève sans doute de la remémoration du passage de l'empereur pour son usage personnel, mais la tentative d'assassinat, événement inattendu, transforme cette image en lui procurant une portée de témoignage.



Figure 60: Image de la collection Reiss, instantané du passage de l'empereur qui capture accidentellement une tentative d'assassinat. (M. E. Spindler, vers 1900).

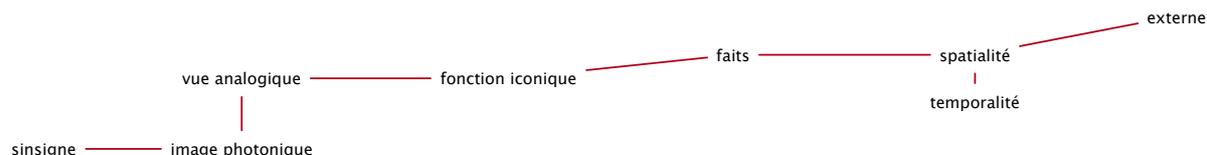
## De l'évocation



La stratégie de l'évocation utilise la photographie d'une entité ou un fait pour évoquer le souvenir ou la remémoration d'une autre entité ou fait appartenant déjà à l'univers personnel de l'interprète. Elle se différencie donc du souvenir et de la remémoration par le fait qu'elle fonctionne par analogie pour lier le fait photographié à un autre.

La stratégie de l'évocation est très importante dans le contexte de l'analyse criminelle. Elle permet de profiter de l'expérience et de la mémoire personnelles de l'enquêteur pour faire certains liens entre entités ou faits. L'observation de photographies de caméra de surveillance par un enquêteur permet parfois de reconnaître des vêtements ou des visages de personnes faisant déjà partie de l'univers personnel de l'enquêteur et ainsi d'établir certains liens par analogie entre affaires. Dans la Figure 51, la majorité des liens entre affaires représentés sur le schéma sont établis par ce mécanisme reposant sur la stratégie de l'évocation de la mémoire expérientielle de l'enquêteur.

## Du relevé ou du compte-rendu



Alors que le témoignage s'inscrit dans le présent de l'action abordé généralement avec un certain point de vue, la stratégie du relevé n'intervient pas forcément pendant l'action et présente les états de fait de manière volontairement neutre. Le compte-rendu peut très bien ne porter que sur les résultats et conséquences du fait et ainsi intervenir temporellement après celui-ci. Cette intervention uniquement *post* événementielle est peu compatible avec le témoignage tant celui-ci est au plus proche de l'action. Le témoignage possède avant tout une intentionnalité primaire d'information immédiate contrairement au compte-rendu qui est plutôt de l'ordre de la mémoire factuelle du fait. Cette mémoire factuelle est cependant différente de la remémoration : elle n'est pas privée et réservée à l'univers personnel de l'interprète. Le compte-rendu a une fonction mémorielle centrée objectivement sur l'état de fait et non plus sur l'interprète comme dans la stratégie de la mémoration. La fonction de désignation de ces images est généralement relativement faible.

Les photographies générales de fixation de l'état des lieux s'inscrivent essentiellement dans la stratégie du relevé (Martin, 2010: 25). Ces photographies rendent compte de manière neutre l'état de la scène de crime quel que soit l'interprète. L'observation, essentielle dans le processus d'investigation, repose sur un processus complexe d'activités fortement imbriquées : chercher, détecter, mémoriser, établir des liens, noter, etc. Cependant, une observation, même attentive, reste sélective et ne suffit pas à enregistrer, à lui seul, les moindres détails du monde visible. La prise de vue représente alors un moyen d'accroître la capacité de mémorisation de l'enquêteur (Conord, 2007: 16). *“On avait fini par reconnaître que la plaque photographique était capable d'enregistrer scrupuleusement tout et que des détails négligés au constat, mais visibles sur l'image photographique, pouvaient acquérir dans la suite une importance capitale.”* (Reiss, 1903a: 15).

L'exemple de la Figure 61 relevant du compte-rendu illustre parfaitement le propos de Reiss. La photographie n'a pas pour objectif premier la remémoration de l'enquête et de la scène par l'enquêteur, mais plutôt d'être la mémoire restitutive de celle-ci permettant aussi la recherche et la découverte de nouveaux éléments.

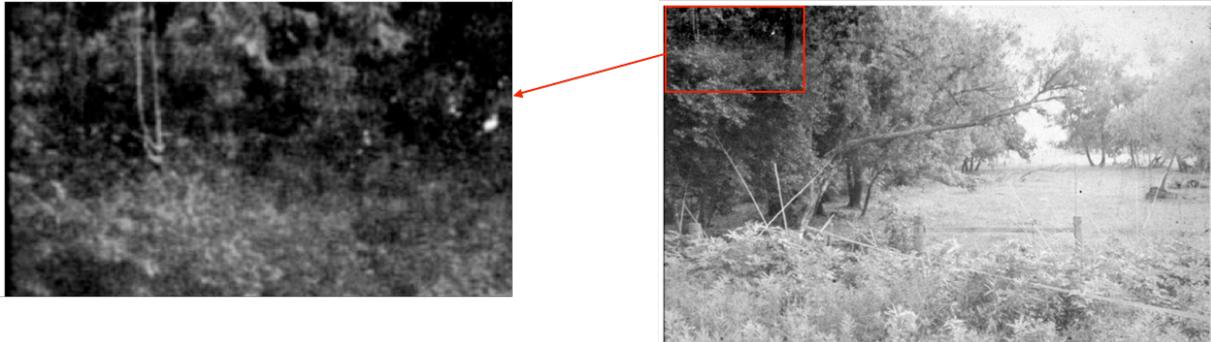
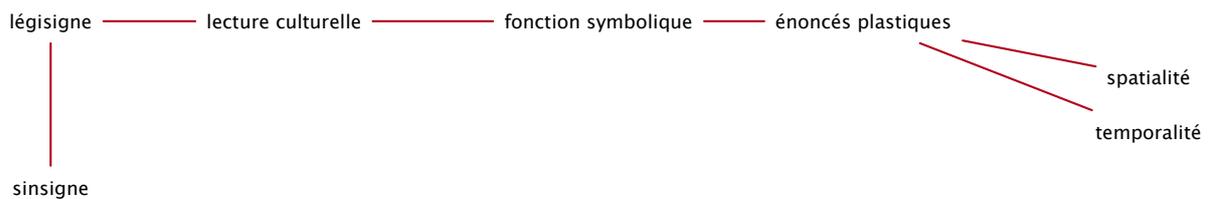


Figure 61 : Photographie d'une scène de crime. Un examen minutieux de la photographie a permis de retrouver l'arme du crime suspendue dans l'arbre à gauche de l'image (origine inconnue).

## De l'immersion



La stratégie de l'immersion ne fonctionne généralement pas seule et s'additionne à une stratégie de base comme le compte-rendu. Elle a pour but d'immerger l'interprète à l'intérieur du fait référentiel. L'immersion peut être spatiale ou temporelle.

L'immersion spatiale est liée à deux facteurs principaux que sont d'une part la distance au fait référentiel et à la coupe spatiale de la photographie définie par son cadrage. « *Si la photo n'est pas bonne, c'est que vous n'êtes pas assez près* » (traduit de Ratcliffe, 2012) disait Robert Capa, pionnier du photojournalisme (Stevan, 2019). Cette citation met en lumière l'importance de la stratégie de l'immersion par proximité dans le témoignage. Il faut que l'interprète puisse se plonger dans l'événement à partir des images pour vivre une expérience quasi perceptible grâce à l'immersion dans le contexte référentiel. Nous pouvons retrouver cette même approche immersive encore dans les photographies d'état des lieux, mais sous une forme relativement faible : les images sont produites au cœur même de la scène comme si l'on pouvait suivre l'investigation et pas depuis un point de vue externe et éloigné.

Concernant la coupe spatiale, l'immersion existe sous sa forme faible : les petites optiques jusqu'à l'œil de poisson ou la photographie panoramique classique qui permettent d'élargir le champ de vision à partir du point de vue et sous sa forme extrême avec la photographie à 360° comme le propose le système photographique Spheron VR<sup>TM</sup> où le cadrage n'existe plus. L'observateur est immergé à partir d'un point de vue dans une photographie englobante comme s'il était projeté lui-même au milieu de la scène observée en déplaçant son regard librement.

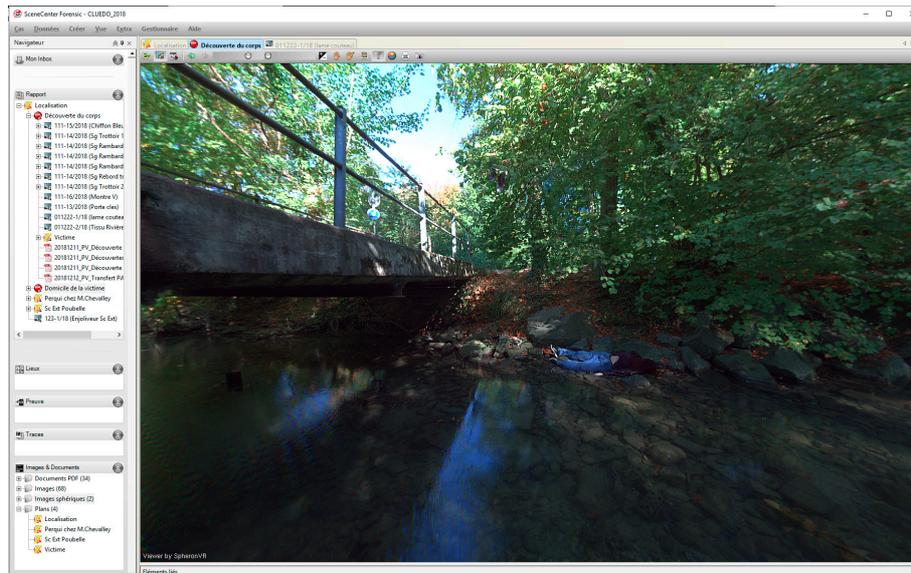


Figure 62 : Photographie à 360 d'une scène de crime simulée (repris du projet d'enseignement Cluedo de N. Kummer, 2018). L'observateur se déplace librement dans l'image sphérique qui n'a plus de limite de cadrage.

D'autres technologies sont encore apparues pour établir une reconstruction virtuelle 3D à partir de photographies. Le mappage des photographies pour texturer les surfaces des modèles 3D permet une meilleure immersion dans un espace rendu plus réaliste dans lequel l'interprète peut se déplacer librement. En couplant ce type de modélisation avec des lunettes de réalité virtuelle, nous arrivons à une immersion presque totale dans la scène référentielle. Ces technologies couplent la stratégie de l'immersion avec celle de la reconstruction qui structure et organise spatialement la description.



Figure 63: Exemple de modélisation 3D à partir de la technologie "Drone mapping" issue de photographie prise par un drone (repris de Pix4D, 2014).

Au niveau temporel, l'immersion agit par une remise dans un contexte spécifique. Elle est utilisée au cinéma pour remettre l'histoire dans un contexte spatio-temporel précis et plonger le spectateur dans cette époque. Dans le domaine judiciaire, l'immersion temporelle est utilisée lorsque l'on veut mettre l'observateur dans des conditions de vision particulière. Couplée à la stratégie de la reconstitution,

l'immersion temporelle met l'observateur dans les conditions de visibilité au moment des faits comme dans la Figure 64.



Figure 64: Photographie reconstituant les conditions de visibilité arrière d'un conducteur d'un pickup (repris de Weiss, 2009a: 55).

### De l'explication et de l'instruction

La stratégie de l'explication se rapproche de l'illustration et de la monstration, mais se distingue par sa genèse et son fonctionnement. Contrairement à l'illustration qui est d'abord s'insigne avant de devenir légisigne, symbole d'une classe, l'explication naît légisigne symbolisant dès sa création un fonctionnement, un énoncé, une idée, un savoir-faire, etc. L'explication a une portée éducative pour l'interprète. Cette stratégie est très utilisée dans les supports d'apprentissage tout comme l'illustration et la monstration d'ailleurs. Généralement, la stratégie de l'explication repose davantage sur le schéma ou les annotations que directement sur la photographie, leur utilisation dans les manuels éducatifs est beaucoup plus ancienne que celle de la photographie.

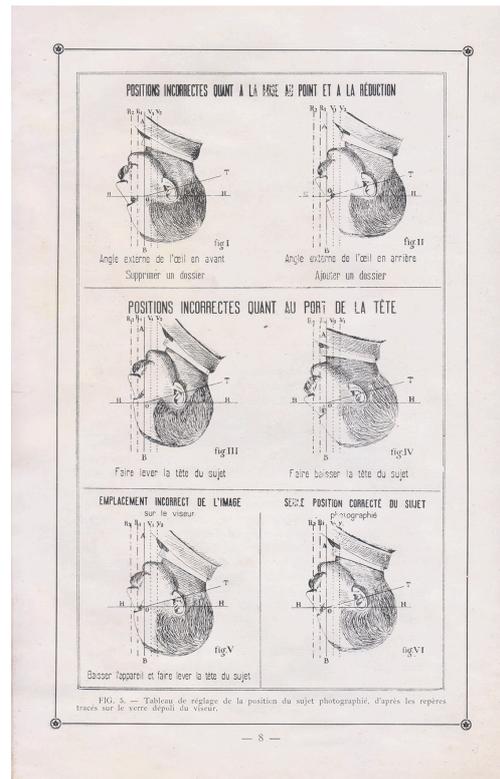


Figure 65 : Schéma décrivant les instructions à suivre pour le réglage de la position du sujet photographié dans le système Bertillon (repris de Lacour-Berthiot, s. d.: 8).

Cependant, la photographie peut aussi fonctionner comme explication. Tout comme l'illustration, elle peut exister sous sa forme faible totalement soumise à un contexte verbal ou sous sa forme autonome.

En considérant la Figure 66 dans un contexte verbal lié à la profondeur de champ en photographie, celle-ci rend explicite le fait que ce ne sont pas les entités qui sont porteuses de sens, mais la zone de netteté dans la profondeur de la scène référentielle qui permet d'expliquer l'influence de certains paramètres sur cette zone de netteté.

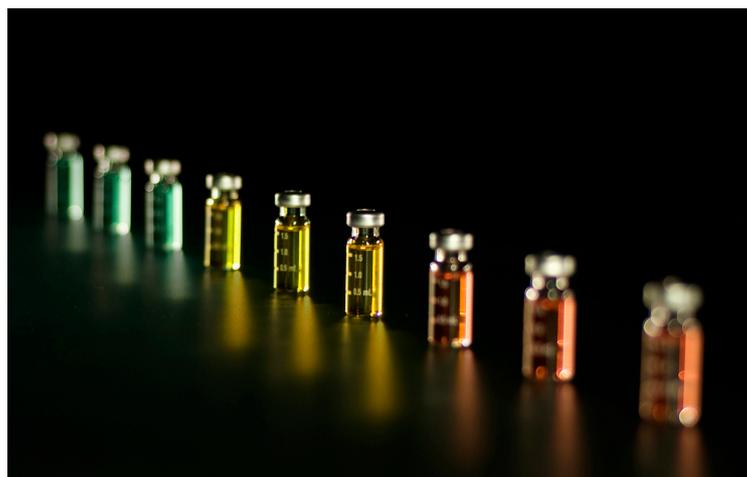


Figure 66 : Photographie explicative du fonctionnement de la profondeur de champ en photographie (repris du projet Nicephor[e], ESC, 2006).

La distinction entre explication et instruction repose sur le type de connaissance à apprendre : l'explication porte davantage sur des savoirs conceptuels alors que l'instruction relève du mode d'emploi et du savoir-faire opérationnel.

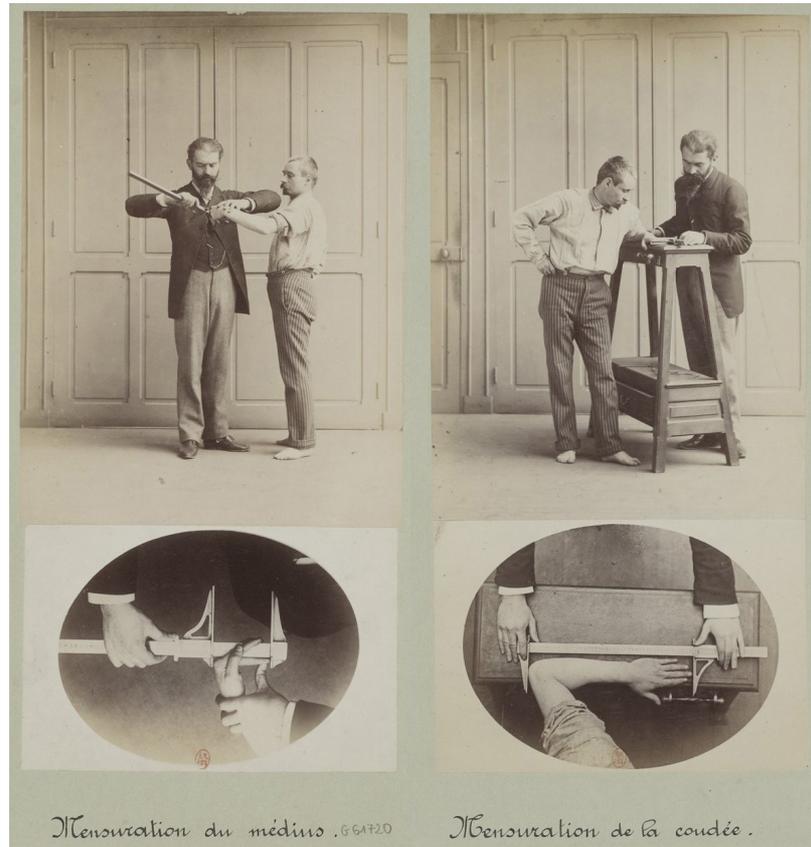


Figure 67: Photographie instructive sur les méthodes de mesure anthropométrique (Bertillon, 1893b: 26-27).

L'explication permettra de comprendre le concept de profondeur de champ et l'importance des différents éléments qui rentrent en jeu alors que l'instruction permet l'application d'une procédure de réglage. Grâce aux réseaux sociaux, la stratégie de l'instruction est en plein essor, il suffit de voir le nombre et la diversité des tutoriels photo ou vidéo qui fleurissent sur toutes les plateformes sur n'importe quel sujet.

### De la comparaison

La stratégie de la comparaison se met en place par la juxtaposition d'entités ayant certaines similitudes. Comme le dit l'adage « on ne peut comparer que ce qui est comparable ». Outre leur similitude, encore faut-il que les éléments à comparer partagent une certaine proximité temporelle ou spatiale.

La comparaison ne s'intéresse pas directement aux entités présentes, mais aux similitudes ou aux différences entre ces entités considérées comparables par similarité. La simplification de l'information sensorielle aux éléments nécessaires et pertinents issue des processus perceptifs d'observation explique cette apparente contradiction : l'entité n'est plus considérée en tant que telle, mais comme support de détection de différences ou de similitudes. Le jeu des 7 différences illustre bien ce principe. Dans ce jeu, les entités présentent dans l'image importent peu : l'observateur évalue plus leur potentiel comme support de différences plutôt que de perdre des ressources à les identifier.

Au travers des figures utilisées pour illustrer certaines stratégies, nous avons déjà régulièrement eu recours à celle de la comparaison. Celle-ci opère par addition chez l'interprète dès que les critères de similitude et de proximité sont réunis. Jusqu'à présent, la stratégie de la comparaison était majoritairement utilisée pour montrer des différences entre éléments comparables. En effet, dans la Figure 56 par exemple, c'est bien les différences entre les oreilles illustrant chaque classe par comparaison qui permettent de définir les formes propres à la classe d'oreilles. Cependant, la comparaison peut tout à fait fonctionner dans les deux sens : elle peut montrer aussi bien l'indiscernable, ce qui est considéré comme identique, que la différence.

La stratégie de la comparaison est très répandue en science forensique notamment dans le processus d'identification de la source d'une trace. Les traces sont systématiquement comparées à des empreintes de références ou à d'autres traces manuellement ou au travers de banques de données à des fins d'identification ou d'exclusion.

Certains types de comparaison ont presque valeur d'argument. Ces derniers, relativement courants en science forensique, utilisent des éléments plastiques relevant du protocole qui jouent un rôle prépondérant dans le fonctionnement de la comparaison. Ainsi, la disposition, le cadrage, l'orientation, le tirage, etc. des entités sont intentionnellement accordés ou même harmonisés pour renforcer et favoriser la comparaison. Dans la Figure 68, les douilles ne sont pas disposées au hasard par l'opérateur. Elles sont tournées et alignées l'une par rapport à l'autre pour rendre explicite le fait que l'opérateur a disposé les entités pour optimiser, selon la décision de ce dernier, le travail de comparaison. Cette harmonisation des dispositions donne à voir que l'opérateur a déjà réalisé au moins une partie du travail de comparaison, mais ne communique pas forcément sur une éventuelle prise de décision de sa part quant à la similitude ou la différence des deux entités.

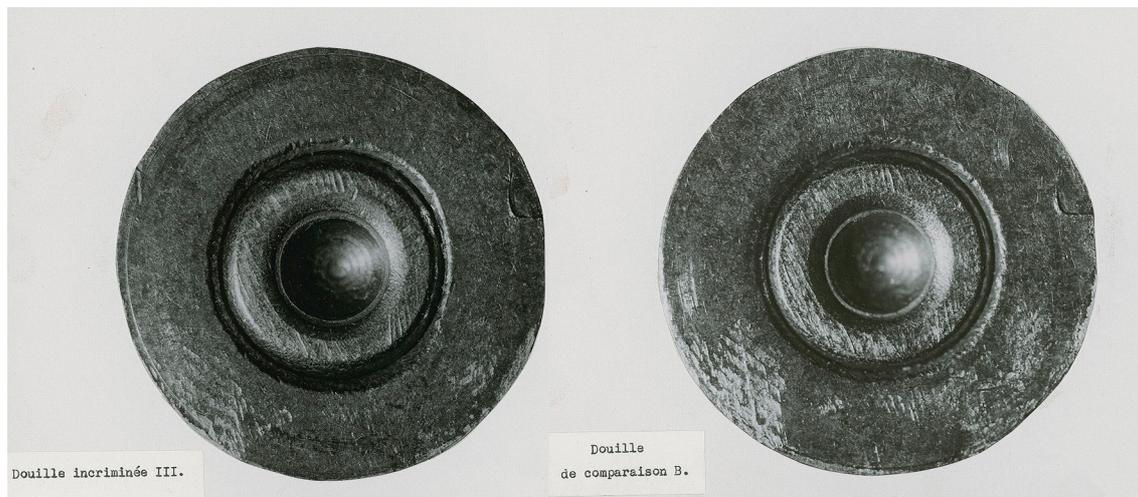


Figure 68: Comparaison de deux culots de douilles présentant des marques de tête de culasses tirée de la collection de travaux d'étudiants de l'ESC (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Payot, 1936).

## De l'examen ou de la décomposition

La stratégie de l'examen consiste à rendre explicite le fait que le référent photographié a été observé de manière attentive. L'examen décompose ce dernier en éléments structurants et les identifie. Cette stratégie est proche de la description, mais ne se place pas au même niveau. La description se place dans une phase d'extraction : elle énumère et rend visibles les détails structurants du référent. L'examen, de

son côté, se situe dans une phase d'exploitation des résultats de cette extraction dans un objectif lié à un énoncé.

En reprenant l'exemple de la Figure 68 ci-dessus, l'énoncé est lié à la détermination d'un tir par la même arme : les marques de tête de culasse, caractéristiques de cette dernière et, par extension, propre à l'arme, permettent cette détermination. Dans cette optique, nous pourrions décomposer les stratégies additives utilisées : la description assure que les détails des marques de tête de culasse sont bien visibles et énumérés – la description peut être constituée de plusieurs images qui énumèrent des détails de différentes natures (inscriptions, trace de percuteur, etc.) – ; la comparaison se met en place avec la juxtaposition de deux entités similaires présentant des détails bien décrits ; enfin l'examen permet à l'opérateur, en exploitant les détails considérés comme relatifs à l'énoncé, d'harmoniser l'orientation des deux douilles pour faire correspondre la position des éléments structurant la comparaison. Il faut remarquer dans cet exemple que, même si l'examen permet déjà d'uniformiser les orientations des douilles en fonction des similitudes observées des traces de tête de culasse, il n'explicite pas encore la détermination des marques considérées par l'opérateur lors de cet examen.

Ainsi, l'examen peut aussi couvrir la détermination précise des détails structurant l'entité considérés dans l'optique de l'énoncé. Cette détermination peut se matérialiser par des éléments textuels ou des annotations comme dans la Figure 69. Cette détermination atteste d'une forme de prise de décision qui porte sur l'identification des détails structurants du référent liés à un énoncé. On a déjà pu remarquer dans la Figure 33 dans le chapitre sur l'objectivité que ces décisions pouvaient largement fluctuer d'un interprète à l'autre.

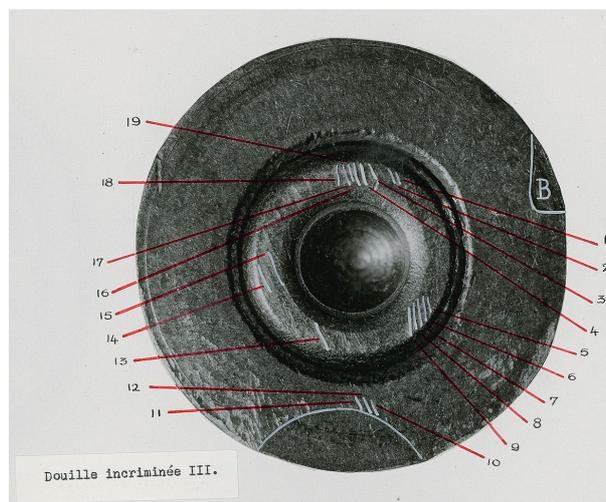


Figure 69 : Examen des marques de tête de culasse identifiées par l'observateur sur le culot de douille incriminée. Photographie tirée de la collection de travaux d'étudiants de l'ESC (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Payot, 1936).

Cependant, malgré cette prise de décision sur l'identification et la détermination des détails considérés dans l'énoncé, la stratégie de l'examen ne dit rien sur une quelconque décision portant sur l'énoncé lui-même. L'examen dit « *dans le cadre de l'énoncé, je décide de considérer les détails identifiés.* », il laisse comme pure potentialité la décision sur l'énoncé lui-même. Dans ce sens, l'examen relève de la question de la pertinence des détails dans le cadre d'un énoncé. Dans la progression hiérarchique Peircienne, la stratégie de l'examen est première lorsque l'objet du signe porte sur l'énoncé.

## De l'indication de la prise de position

La stratégie de l'indication s'appuie sur l'indice référentiel pour expliciter un raisonnement en rapport avec un énoncé. L'indication fait office d'argument destiné à convaincre de la validité d'une proposition, objet du signe. Contrairement à l'examen, l'indication est seconde : elle détermine pragmatiquement la signification de l'opérateur concernant l'énoncé. Cette prise de décision, sous sa forme faible, peut-être entièrement soumise au contexte verbal ou à des annotations, mais peut aussi fonctionner en autonomie. Lorsqu'elle fonctionne en autonomie, elle peut s'appuyer sur d'autres stratégies comme la reconstitution ou la comparaison, souvent utilisées en science forensique comme outils de signification sur la prise de décision. La fixation de l'état des lieux, dans sa globalité, relève de plusieurs stratégies qui correspondent à des étapes différentes de l'investigation : les photographies générales et propres à l'événement relèvent du compte-rendu alors qu'au fil de l'avancement de l'investigation, certaines photographies indiquent de plus en plus certaines prises de position de l'enquêteur sur des énoncés explicites ou implicites comme dans la Figure 70.

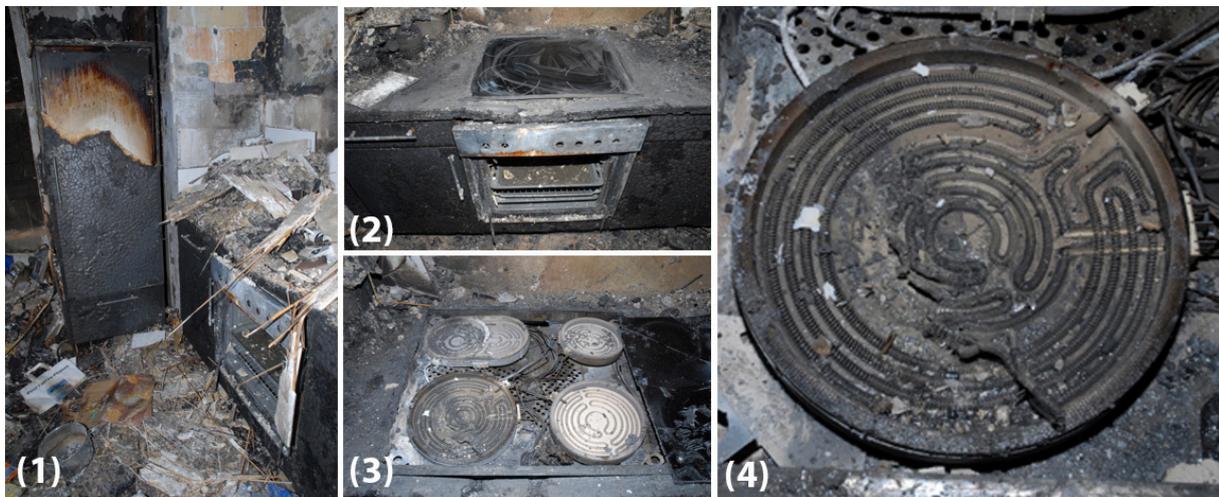


Figure 70 : Photographies de fixation d'un état des lieux. Au fur et à mesure des images (1) à (4), la stratégie communicationnelle passe du relevé neutre de l'état des lieux à l'indication argumentant sur l'origine et la cause de l'incendie (images d'enseignement de l'ESC provenant de la police de Genève, 2008).

Il faut cependant nuancer l'autonomie de la prise de décision. En effet, celle-ci peut être parfois liée à un contexte institutionnel particulier et ne fonctionner que dans ce contexte.

Comme autre exemple, nous pouvons reprendre celui de la douille. En utilisant la stratégie de la comparaison couplée avec des annotations correspondantes entre douille incriminée et matériel de référence, l'opérateur indique de manière explicite sa prise de décision comme argument destiné à convaincre l'interprète d'une correspondance des marques de tête de culasse et donc d'un tir par la même arme. L'argument, s'appuyant lui-même aussi sur la stratégie de la quantification, est d'autant plus fort que le nombre de détails identifiés par des annotations est grand.

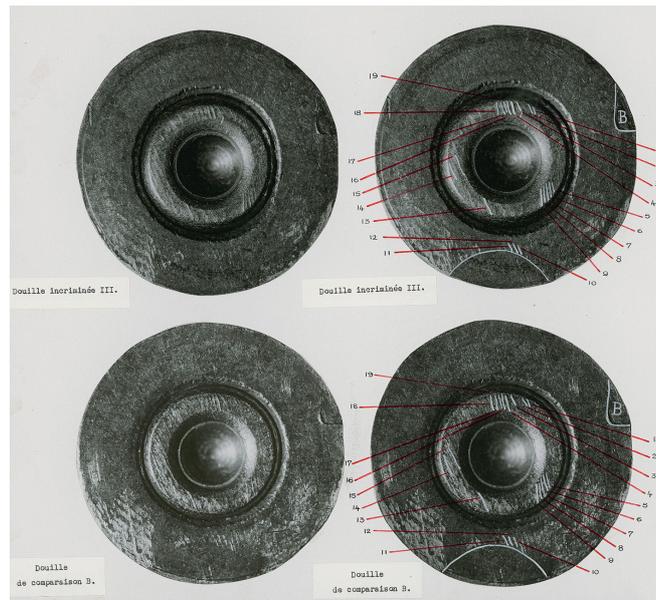


Figure 71 : Indication de la prise de proposition d'un tir par la même arme de deux douilles par comparaison de marques de tête de culasse (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Payot, 1936).

### De la démonstration

La démonstration reprend les codes de l'indication, mais ne fonctionne plus seulement comme argument d'une proposition, mais comme preuve de celle-ci établie par une règle ou une loi selon certains critères. La démonstration est troisième : par convention, elle institue la photographie comme preuve de la véracité de l'énoncé fonctionnant comme objet du signe.

La preuve par assemblage présentée dans la Figure 72 est de l'ordre de la démonstration établie par une règle pragmatique.

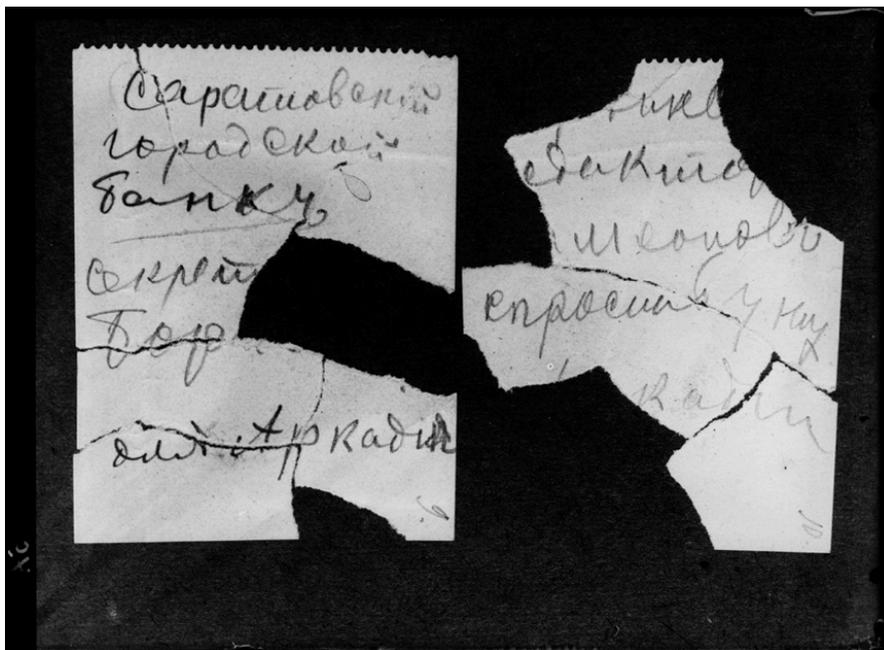


Figure 72: Photographie de démonstration de preuve par assemblage, image de la collection Reiss (Reiss, 1905).

Si la règle établie évolue ou est abandonnée, la démonstration perd son statut de preuve et redevient, au mieux, une prise de position concernant l'énoncé. La démonstration d'individualisation des traces papillaires est une illustration de l'évolutivité du statut de démonstration. L'approche tripartite de Locard (1914: 45), pourtant à la fois qualitative et quantitative, a longtemps été simplifiée et employée comme *règle des 12 points* pour atteindre une certitude indiscutable de correspondance. Avec l'établissement de cette règle, les comparaisons photographiques de traces papillaires présentant au moins 12 minuties de correspondance avec une empreinte de référence devenaient des démonstrations d'individualisation (Figure 73).

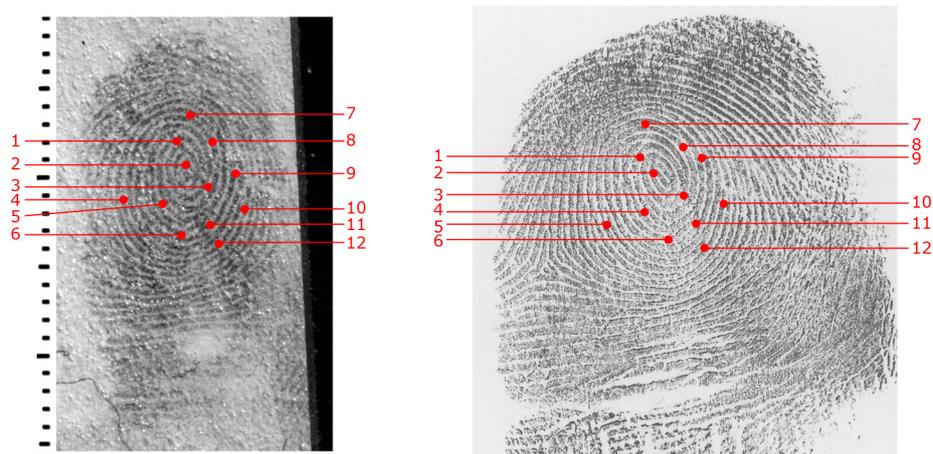


Figure 73: Démonstration d'une individualisation d'une trace papillaire par comparaison avec une empreinte de référence selon la règle des 12 points (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2012).

Cette *règle des 12 points*, abolie sur le plan international en 1995 (dès 1973 aux USA) lors de la déclaration de Ne'urim car jugée ne reposer sur aucune base scientifique, a été remplacée par des modèles probabilistes continus plus proches de ce que proposait Locard en tenant compte notamment de critères qualitatifs de la trace (Champod, Margot, et al., 2016: 56). Ces nouveaux modèles reposant sur des approches probabilistes s'appuyant sur des configurations qualitatives et quantitatives de caractéristiques ne sont plus compatibles avec le statut de démonstration.

En perdant le statut de démonstration suite à l'évolution de la règle, les photographies reprennent un niveau hiérarchique moins élevé et redeviennent seconde (indication de la prise de position) voire primaire (examen ou décomposition) par rapport à l'énoncé (objet du signe).

## De la présentation ou du discours

Pour terminer cet inventaire détaillé, mais non exhaustif de stratégies, la présentation se situe encore à un autre niveau. Celle-ci ne considère plus simplement une mesure, un fait, une entité ou un énoncé particulier, mais se place au-dessus pour donner une vision sélective et donner corps à un discours. La présentation se distingue du compte-rendu factuel et informatif en donnant à voir des arguments et des prises de position : la présentation trie, regroupe, assemble et structure un argumentaire pour formaliser un discours global et parfois complexe. La présentation utilise potentiellement plusieurs types de signes. Cette stratégie est celle utilisée notamment par l'enquêteur pour établir des cahiers photographiques dans le cadre d'une affaire ou d'un rapport. Ce cahier photographique n'est pas un simple cumul des photographies organisées ou non comme le serait un compte-rendu, mais correspond à un argumentaire sélectionné, réfléchi et structuré.

## 6 Récapitulatif et remarques conclusives sur le signe photographique

Nos réflexions nous ont amenés à déterminer un modèle décrivant la nature et le fonctionnement pragmatique du signe photographique dont nous pouvons dresser un bref récapitulatif des éléments principaux.

La photographie (monde extérieur) est, pour un interprète, un signe (monde intérieur) qui tient lieu de son référent, non sous tous rapports, mais par référence à certaines qualités du référent. Ce référent photographique primaire peut à son tour être un signe qui renvoie à un autre référent, le nombre de renvois étant potentiellement illimité.

La photographie est une trace d'un signal émis par un référent réel. Du point de vue sémiotique pour un interprète connaissant l'*arché* automatique de sa genèse, elle est un sinsigne indiciaire à savoir un signe ayant une occurrence réelle et qui possède une relation de contiguïté physique avec son référent forcément réel aussi. Dans la logique hiérarchique Peircienne, l'indice photographique nécessite l'icône. Celle-ci relève de l'analogie : elle possède des *qualités ressemblantes* à celles de son référent (icône) et affectées par lui (indice). La trace, correspondant à la mesure analytique de l'image optique formée sur le support sensible, fonctionne comme premier support informationnel de l'image : celui de *l'image photonique*.

La construction optique de l'image projetée sur la surface sensible, le mode d'enregistrement et l'optimisation des capteurs sensibles sont prévus pour produire une image similaire à l'activité sensorielle humaine voire transcendant celle-ci. Le résultat photographique correspond à une vue quasi perceptive de la scène référentielle. Ainsi la photographie n'est pas le référent, mais un tenant-lieu adéquat par rapport d'une part à certaines qualités ou caractères du référent et d'autre part à la perception qu'en aurait un observateur. L'image photonique issue de la trace devient une *vue analogique* iconique, voire mimétique, du référent. La vue analogique considérée par un observateur représente un deuxième support informationnel de la photographie.

La photographie résulte aussi d'une multitude de choix et de décisions volontaires d'un opérateur en vue de lui faire signifier quelque chose. Avant et après la coupe automatique de l'enregistrement de la trace, règne le code volontaire de l'opérateur et de l'interprète. Cette troisième couche informationnelle de la codification de la photographie, nous l'avons appelée, la *lecture habituelle* ou culturelle. Elle fonctionne par anticipation émettrice d'un opérateur pour une lecture réceptive culturelle par un interprète dans un processus circulatoire.

Ces trois supports informationnels principaux concernent le contenu de la représentation photographique. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'image, qu'elle soit photographique ou non, ne se limite pas à son contenu. Son média, en termes de support physique, de format numérique, de moyen de visualisation ou de transmission ainsi que la technique mise en œuvre pour la produire sont autant de supports informationnels participant potentiellement à l'invention de signes par l'interprète.

Enfin, comme dernier support informationnel de la photographie, mais externe à celle-ci, nous avons pu constater que la photographie était généralement accompagnée de signes complémentaires sous la forme de métadonnées, d'annotations ou d'un contexte verbal. Ces derniers peuvent être très variables pour une même image reprise dans des contextes différents. Ces signes complémentaires permettent d'instancier le contenu photographique pour lui attribuer certaines stratégies communicationnelles et significations particulières au contexte.

Objet du monde extérieur de l'interprète, la photographie est un objet particulier qui se distingue de la trace par l'aspect volontaire de sa signification. La photographie naît pour signifier quelque chose. Elle

est index entretenant aussi une relation hiérarchique dans le sens Peircien avec la trace. L'index se distingue de la trace par sa genèse volontaire, cette dernière ne naissant pas pour signifier volontairement quelque chose. La trace, par sa genèse automatique, est première : sa signification est pure potentialité. L'index, résultat volontaire d'un opérateur, est second, il possède une signification volontairement prévue par un opérateur. Au niveau de l'émission, l'image photographique est un *artefact* issu d'une volonté communicationnelle d'un opérateur de montrer quelque chose à quelqu'un pour lui signifier quelque chose dans un processus circulatoire ou non. L'opérateur décide du déclenchement, des paramètres de la mise en scène, du cadrage, etc. Dans cette optique, elle n'est pas une trace, mais relève de l'index culturellement codé. Dans cette même logique Peircienne, la photographie peut, lorsque sa signification est établie par une règle, être troisième et devenir dès lors empreinte entraînant une lecture institutionnalisée de la vue analogique. Ces trois objets du monde extérieur formant une nouvelle hiérarchie triadique constituée de la trace, l'index et l'empreinte.

La lecture de l'image par l'interprète est active et s'inscrit dans le paradigme indiciaire proposé par Ginzburg. Ce paradigme souligne notamment l'importance de la recherche des détails parfois infinitésimaux comme seuls vecteurs révélateurs de significations plus profondes. Cette faculté humaine de raisonner de manière indiciaire remonterait aux origines les plus profondes de l'humanité : celles du chasseur. L'image photographique doit être considérée comme un double système complexe de traces identifiées et de signes inventés par l'interprète qui relèvent tantôt principalement de l'image photonique, de la vue analogique tantôt de la lecture culturelle. Ce type de raisonnement indiciaire, forcément incertain tant au niveau des conclusions que des processus, repose sur une casuistique pragmatique concrète. La qualité de cette recherche de détails va donc dépendre de plusieurs facteurs comme la configuration des savoirs latéraux de l'interprète, son expérience, son savoir-faire et sa volonté. Cet ancrage pragmatique, issu de l'individuel et du qualitatif tout en nourrissant l'expérience de l'interprète, rend ce type de raisonnement indissociable selon Ginzburg d'une certaine « rigueur élastique ». Cette rigueur relative peut poser la question, selon certaines conceptions, de l'adéquation de ces raisonnements avec la rigueur imposée au *statut scientifique*.

La prise en compte du statut indiciaire par un interprète, connaissant l'arché de la photographie, s'accompagne des quatre principes d'individualité, d'unité, d'attestation d'existence et de désignation qui en découlent. Ces quatre principes correspondent à ce que Schaeffer appelle les règles constitutives de la photographie. A ce stade, l'image photographique ne *signifie* rien sur son référent. Elle invoque simplement son individualité, son unité temporelle et spatiale et dit : *ça-a-été ; c'est tel ; là !*

Complémentairement aux quatre règles constitutives de la photographie, existent des règles normatives contextuelles. Celles-ci sont motivées par une multitude de stratégies communicationnelles. Ces stratégies communicationnelles, dans une optique d'un processus sémiotique circulatoire entre émetteur et récepteur différents, opèrent par anticipation au niveau du contexte d'émission pour tenter d'en influencer spécifiquement la signification à la réception. Nous avons défini un modèle de fonctionnement dynamique et additif de ces stratégies par constellations reliant certaines entités composant un univers sémiotique. Ce modèle de constellation nous a permis de réaliser un inventaire non exhaustif de stratégies communicationnelles en nous concentrant sur celles ayant particulièrement un rapport avec le contexte judiciaire. Toutes ces stratégies ont une constellation particulière au niveau des entités agissant dans les trois pôles du signe triadique.

Concernant le signifiant indiciaire photographique, nous avons pu en distinguer et décrire quatre types : les mesures, les entités, les faits et les énoncés plastiques. Chaque type de signifiants possède ses propres particularités de fonctionnement et a des affinités particulières avec certains supports informationnels de la photographie.

Sur le plan des signifiés de ces différents types de signifiants indiciaires, ils sont influencés par les règles constitutives et normatives ainsi que par la configuration des différents éléments influençant le pôle interprétant du signe. C'est au niveau des signifiés que la classe du signe définie par Peirce (voir le Tableau 2 des 10 classes de signes et le Tableau 3 d'exemples appliqués à l'image) pourra être attribuée, cette classe évoluant potentiellement au fur et à mesure des cycles triadiques. Le bref inventaire de stratégies communicationnelles montre déjà toute la diversité et l'évolutivité hiérarchique des signes inventés par l'interprète. Centré sur le référent et donc sur la fonction indiciaire de l'occurrence réelle, le signe sera sinsigne (rhématique ou dicent). Centré sur la fonction symbolique d'une lecture habituelle ou conventionnelle, il deviendra légisigne. Centré sur un certain type de raisonnement en rapport avec un énoncé, il pourra devenir argument destiné à convaincre de la validité d'une proposition incertaine voire démonstration de la véracité de cette proposition.



# Partie II :

## L'imagerie judiciaire

---



*“ Le recours à la représentation imagée [...] instaure la distance autorisant une observation réputée scientifique. Dans le même temps, l'équivalence postulée entre le modèle et son portrait, fait reconnaître à celui-ci le statut d'un fac-similé auquel semblent pouvoir s'appliquer aussi légitimement que sur le sujet lui-même, les procédures « d'identification ». Jouant à la fois de son autonomie matérielle et de sa transparence au réel, l'image est ainsi constituée en objet d'intermédiation : objet extérieur au modèle comme à l'observateur, équidistant de l'un et de l'autre, et dont le traitement s'impose comme valide à l'individu aussi bien qu'à la société. La photographie offre, à cet égard, la ressource de pouvoir fonctionner comme un système à double clé : son pouvoir mimétique, sa qualité analogique la font admettre comme simple duplication de son modèle ; elle se prête cependant à une réduction analytique de l'image au terme de laquelle le sujet se trouve caractérisé sur un mode purement numérique, par une série de critères binaires. Aire d'inscription et de lecture offerte à l'exercice du regard policier, la photographie constitue une modalité d'un plus vaste système d'indexation des individus [...] ” (Phéline, 1985: 134-135).*

Après avoir discuté du fonctionnement du point de vue sémiotique de la photographie en général dans la première partie, il nous paraît nécessaire de se consacrer désormais aux spécificités de la photographie judiciaire. La question d'intérêt est désormais de trouver ce qui distingue essentiellement la photographie judiciaire d'autres types de photographie.

La citation proposée ci-dessus suggère quelques pistes de réflexion intéressantes. Nous retrouvons dans cette citation toute la complexité de la photographie que nous avons pu mettre en évidence dans ce travail. Sa nature à la fois d'indice iconique (image photonique) et d'icône indiciaire (vue analogique) permet de fonctionner comme tenant-lieu autonome intermédiaire quasi perceptif de son référent pour un observateur connaissant son *arché*, et permettant à ce dernier, selon le paradigme indiciaire, de l'examiner, de la caractériser et la discrétiser en détails révélateurs d'une réalité plus profonde que son simple statut de fac-similé référentiel.

Le premier élément caractéristique que suggère cette citation concerne la notion de fac-similé ou de pouvoir mimétique de la photographie. De prime abord, cette propriété n'est pas propre à la photographie judiciaire, cependant, cette faculté est de première importance pour celle-ci. Peut-on imaginer une image floue ou d'un point de vue ne permettant pas la reconnaissance du référent ? Une des particularités de l'imagerie judiciaire serait donc la préoccupation permanente de l'optimisation du pouvoir mimétique de la photographie à la réalité référentielle.

Ce premier élément mimétique étant acquis, la photographie *autorise une observation réputée scientifique*. La seconde particularité de la photographie judiciaire résiderait dans le fait que celle-ci n'est pas simplement regardée : elle est produite dans le but d'être examinée de manière rigoureuse, voire scientifique. Cet examen possède lui-même certaines particularités : il s'intéresse potentiellement peu à la vue d'ensemble, mais discrétise l'image en détails caractéristiques du sujet.

Enfin, comme troisième élément, l'usage judiciaire de la photographie et son examen semble devoir s'imposer comme *valide à l'individu aussi bien qu'à la société*. La reconnaissance du statut mimétique de la photographie et de l'examen qui en découle n'est pas automatiquement acquise : elle passe par un accord et une acceptation sociale et juridique. Cette acceptation sociale et juridique s'acquiert et se défend en permanence. Le passage à la photographie numérique dans le domaine judiciaire dans le début des années 2000 a soulevé de nombreuses questions au regard des nouvelles possibilités de manipulations d'images.

Il nous apparaît, au travers de ces trois éléments mis en évidence par Phéline qui semblent caractériser la photographie judiciaire, qu'il y a une notion fondatrice essentielle, sous-jacente et transversale à ces trois éléments que notre analyse de la photographie a permis d'identifier : cette notion est celle de l'empreinte. Nous postulons, en effet, que l'empreinte, assurant la saturation de la détermination du référent, constitue la pierre angulaire de la construction de toute l'imagerie judiciaire. "*Elle (la photographie) sera un document indiscutable [...]*" (Reiss, 1903a: 33). « Indiscutable », c'est bien là une grande partie de l'enjeu de l'empreinte.

Le statut d'empreinte est une convention sociale ou légale qui assure la détermination du référent pour l'interprète dans un processus sémiotique circulatoire. Ce statut s'acquiert par l'accord d'une communauté sur le fait que la photographie est réalisée avec un savoir-faire, une éthique et en suivant un protocole établi afin d'optimiser la détermination du référent et la description de ses détails. L'empreinte assure l'optimisation de la duplication du réel référentiel (fac-similé) et sa détermination (continuité), prémisses obligatoires d'une *observation réputée scientifique*. D'une part, ce statut d'empreinte étant conventionnel, il a dû se construire socialement ou institutionnellement à un moment donné. D'autre part, le processus sémiotique étant circulatoire, ce statut doit reposer sur une stratégie communicationnelle entre l'opérateur et l'interprète qui établit la photographie comme empreinte pour ce dernier. Nous avons déjà pu identifier et décrire cette stratégie communicationnelle de l'empreinte. Celle-ci correspond à une addition de la stratégie de la trace avec une forte saturation de celle iconique du fac-similé, du protocole et du savoir-faire.

Pour illustrer plus en détail la différence entre l'index photographique et l'empreinte photographique, nous pourrions prendre l'exemple d'une photographie d'un animal extraordinaire comme le yéti ou Nessie, le monstre du Loch Ness. L'index photographique atteste de l'existence (le noème du « *ça-a-été* ») d'un référent « animal » ayant des qualités telles que photographiées. Il n'atteste en rien de la détermination de cet animal comme étant Nessie, mais juste qu'un animal présentant ces qualités existe, qu'il soit Nessie ou un autre type d'animal connu ou non. Le statut d'empreinte photographique assure non seulement du *ça-a-été* existentiel d'un tel animal possédant ces qualités, mais aussi, par détermination référentielle, qu'il s'agit bien de Nessie, ou plutôt d'un spécimen de la classe d'animaux à laquelle appartiendrait l'individu Nessie et donc que cette classe d'animaux existe bel et bien, et encore, par *objectivité descriptive*, que l'image en présente de manière adéquate les qualités identifiantes.

Il en est de même d'une trace qu'un tel animal extraordinaire aurait laissée. Cependant l'exemple d'une telle trace permet de souligner la portée référentielle de l'index et de l'empreinte. En effet, la photographie de la « trace du Yéti » découverte par Eric Sipton en 1951, même considérée comme empreinte atteste de l'existence d'une telle trace, de sa détermination et de l'optimisation de son fac-similé, mais ne dit rien du référent de cette trace. Cette photographie, considérée comme empreinte, ne signifie pas « *ceci est une trace existante de yéti* », mais signifie « *ceci est la trace existante dont il est question et dont sa représentation est un tenant lieu adéquat pour en examiner ses qualités* ». La portée référentielle de la photographie, et donc de sa considération comme empreinte, se limite à son référent primaire.

Photographie de la trace  
de l'abominable homme  
des neiges réalisée par  
Eric Shipton en 1951.  
Voir à Worrall, 2017, Eric  
Shipton, Topical Press  
Agency, Getty)

Figure 74: Photographie de la trace de l'abominable homme des neiges réalisée par Eric Shipton en 1951. Notons que celui-ci a placé son piolet à côté afin de donner une idée de l'échelle (repris de Worrall, 2017, Eric Shipton, Topical Press Agency, Getty).

Au même titre, pour prendre un exemple plus proche de l’imagerie judiciaire, l’index photographique atteste de l’existence d’une trace papillaire présentant ces caractéristiques alors que l’empreinte assure complémentaiement, d’une part, la détermination de cette trace et, d’autre part, qu’il s’agit d’un fac-similé optimisé de cette trace pour permettre un examen *réputé scientifique* des qualités du référent. Il est important de souligner une nouvelle fois que les limites de la portée référentielle de l’empreinte sont les mêmes que celles de l’index : la portée de l’empreinte se limite à son référent primaire. L’empreinte photographique d’une trace papillaire atteste de l’existence de cette trace et la détermine, mais elle ne dit rien de la source individuelle de celle-ci.

Bien sûr, la photographie judiciaire n’est vraisemblablement pas le seul type de photographie à reposer, au moins en partie sur l’empreinte, mais elle représente sans doute une de celles qui l’expriment le plus profondément et de manière aussi extrême et qui vont nettement au-delà de l’« éthique » professionnelle ou institutionnelle indispensable. C’est pourquoi nous défendons et décrivons dans la suite de cette partie la thèse de l’empreinte photographique comme essence de l’imagerie judiciaire.

## 7 La construction de l’empreinte et ses limites

Si nous avons institué l’index, trace « volontaire », comme fondement sémiotique de la photographie, nous attribuons à l’empreinte celui de la photographie judiciaire. “ *Nous pensons qu’une photographie devant servir pour une enquête judiciaire doit être aussi parfaite que possible et ne doit donner lieu à aucune erreur* ” (Reiss, 1903a: 7). Nous nous inscrivons clairement dans la même vision que Reiss. Cependant, la notion d’empreinte semble plus complexe et reste relativement difficile à complètement saisir : comment s’est construite cette empreinte et sur quels éléments repose-t-elle ? L’empreinte, tout

comme l'image, est une notion protéiforme et contextuelle. Nous tenterons cependant d'en apporter les éléments constitutifs principaux en nous intéressant principalement aux pionniers de la photographie judiciaire pour remonter ensuite l'histoire des usages jusqu'à nos jours.

## 7.1 Le protocole descriptif de la photographie signalétique

L'utilisation de l'image et plus particulièrement de la photographie à des fins judiciaires est intimement liée aux enjeux du contexte politique, judiciaire et social, à l'histoire des sciences ainsi qu'à l'évolution des techniques et des pratiques photographiques. En réponse à l'abolition en 1832 de la « marque au fer rouge » des prisonniers, l'État doit redéfinir des moyens d'identification des récidivistes (Kaluszynski, 2011: 32-33; Renneville, 2014: 1-2).

L'idée d'utiliser la photographie dans ce processus d'identification de récidiviste en complément au signalement a très vite émergé après l'invention du procédé photographique. *“Niepce inventa la photographie, la police en comprit la portée”* (Najman, 1980: 5). Dès le début des années 1840, soit deux ans à peine après la présentation en 1839 du daguerréotype à l'Académie des sciences par Arago qui marque la remise à l'État du procédé photographique, certains criminels sont daguerréotypés lors d'arrestations en Belgique, en Angleterre et en France (Phéline, 1985: 14). De cet usage encore très peu formalisé, la posture, les conditions de prise de vue étaient réalisées selon les goûts du photographe (Reiss, 1903a: 9), ont émergé certaines initiatives dès 1850 dans le milieu pénitentiaire français par M. Moreau-Christophe pour en formaliser et systématiser l'usage dans un « système global d'identification » (Lacan, 1854; Phéline, 1985: 17; Renneville, 2014: 3-4). *“Malheureusement, la photographie ne peut donner ni la couleur, ni la mesure métrique, ni les circonstances judiciaires et autres qui sont de l'essence de tout bon signalement de police”* (Lacan, 1854: n.d). C'est pourquoi, Moreau-Christophe propose de compléter le portrait photographique par trois compléments nécessaires qui préfigurent déjà le système que Bertillon mettra en place dans les années 1880 : *“ le signalement graphométrique, qui, à l'aide d'un mètre et de la plume, mesure et décrit ce que la lumière ne peut ni mesurer ni décrire dans le physique de l'individu photographié ; le signalement biographique, qui esquisse les principaux traits de sa vie privée, et énumère les condamnations antérieures qu'il a subies ; enfin, le signalement pénitentiaire, qui retrace les faits de sa vie en prison et les circonstances, aggravantes ou atténuantes, de sa conduite sous les verrous ; le tout ingénieusement encadré et méthodiquement disposé dans un carnet individuel imprimé qui ne laisse plus que des blancs faciles à remplir ”* (Lacan, 1854: n.d).

Le « portrait d'arrestation » se développe, mais se heurte cependant à plusieurs problèmes opérationnels du Daguerréotype : le coût, la fragilité du médium, le temps de pose nécessaire et surtout l'impossibilité de multiplier les épreuves. L'évolution de la technique avec la mise au point du procédé du négatif au collodion dans les années 1850 va permettre la réduction du temps de pose et démultiplication des épreuves, facteurs essentiels et déterminants pour l'usage judiciaire de la photographie (Phéline, 1985: 15). En 1854, le photographe Disredit dépose un brevet pour le procédé de « photo-carte de visite » qui va permettre un abaissement des coûts et une démocratisation de la photographie : le portrait, réservé auparavant à une certaine élite, devenant accessible à une majorité. Cette démocratisation du portrait photographique offerte par Disredit s'inscrit dans un mouvement plus général autour des questions identitaires individuelles et son appartenance, en tant qu'individu, dans une classe précise de la société (Solinas, 2011: 75). Ce contexte de banalisation de la photographie et d'évolution de la société va permettre l'émergence d'initiatives pour l'utilisation systématique du portrait à des fins de contrôle social par l'État (Phéline, 1985: 24). Une de ces initiatives a consisté à utiliser les images « normalisées » du

photographe Appert à des fins d’identification judiciaires des communards (Phéline, 1985: 28-30). En effet, Appert avait pu réaliser des séries de portraits de détenus et de membres de l’Internationale qui par la suite ont été recherchés et pourchassés par l’Etat. Pour réaliser ces séries de portraits, Appert, avait décidé, sans doute à des fins commerciales, de normaliser la pose et la posture des sujets qui posait devant un fond blanc. Cette épuration des portraits plus ou moins standardisés apportée par Appert a vraisemblablement contribué à faciliter et à favoriser l’usage policier du portrait à des fins de reconnaissance (Sotteau Soualle, 2011: 68-69).

Même si l’usage de parties du corps, même parfois infimes, à des fins d’identification ainsi que certains systèmes codifiés préexistaient (Groebner, 2007), c’est avec Bertillon à partir de 1888 en codifiant la photographie signalétique et en l’intégrant dans un système d’identification complet que s’esquisse et se met en place la photographie judiciaire. Le tournant s’opère grâce à l’articulation des savoirs policiers sur le corps et leurs codifications dans un système de classification permettant son usage à grande échelle (About, 2013: 39). Le « Bertillonage » est composé de quatre procédés complémentaires regroupés dans une fiche signalétique : les mesures anthropométriques, le portrait parlé, le relevé des marques particulières et la photographie signalétique.

Après plusieurs années de recueil plus ou moins systématique de portraits de criminels dangereux en France dès les années 1870 (Piazza, 2011: 50), la photographie n’atteint pas les retombées escomptées pour deux raisons principales : le manque de méthodes de classification et le manque de comparabilité des portraits photographiques. En 1886, avant d’amorcer la réforme du portrait judiciaire, Bertillon déclarait que *“ dans ces recherches faites hors de la vue du détenu [...] les photographies, vous l’admettez, ne jouent plus qu’un rôle bien secondaire. En réalité, c’est sur les chiffres des mensurations, et auxiliairement sur le relevé des marques particulières, que repose tout le mécanisme de la recherche et de la reconnaissance finale ”* (Bertillon, 1886: 18). C’est par une double codification de l’image signalétique que Bertillon cherchera à objectiver et optimiser le pouvoir descriptif de l’outil photographique. Une codification externe par un formalisme d’extraction et de classification de l’information visuelle permettant la recherche simple et efficace de fiches signalétiques. Puis, une codification interne par la fixation des conditions de capture apportant, sans aucune considération esthétique, l’uniformisation des portraits policiers et leur optimisation descriptive nécessaires au processus d’identification (Bertillon, 1886: 3; Phéline, 1985: 84-85; Solinas, 2011: 76). La quête de Bertillon est très simple : *“ Produire l’image la plus ressemblante possible [...] la plus facile à identifier avec l’original ”* (Bertillon, 1890: 11). Cette volonté de Bertillon consiste à produire un fac-similé détaillé grâce à un protocole d’établissement très strict. *“ Nous pourrions multiplier ces exemples qui tous tendraient à prouver que le peuple cherche non pas à « décrire », mais à « dépeindre », ce qui n’est pas la même chose ”* (Bertillon, 1893a: XXXVI). Ces mots de Bertillon se rapportant à la problématique du langage et de son vocabulaire usuel pour décrire la complexité des configurations intermédiaires dans le portrait parlé, peuvent très facilement être transposés à son ambition de véritable description photographique des traits du visage.

Dans l’optique que nous défendons, ce protocole d’établissement et de description de portraits signalétiques systématique consiste à construire une convention sociale, voire étatique, de considération de la photographie signalétique comme empreinte permettant l’identification. Il a fallu la systématique extrême de Bertillon, pour établir et imposer son protocole photographique rigoureux de description dans la pratique policière sur le plan mondial. Ce protocole permettant l’établissement de photographies à la plastique très particulière et directement identifiable à la pratique policière d’identification a, selon nous, été un élément déterminant dans la construction de l’empreinte photographique judiciaire. Son apport principal dans cette construction concerne la codification de l’objectivité descriptive du référent de la photographie.

Cette empreinte signalétique établie par Bertillon pour un “ *usage de départ – fichier criminel – [...] de recensement sélectif des individus déviants* ” (Phéline, 1985: 136) a subi par la suite un retournement complet imposé par l'État. Elle s'est simplifiée et transformée en photo-passeport, élément central de la carte d'identité et outil de contrôle social pour attester de l'identité de chaque citoyen par la détermination de son état civil. Ce n'est plus seulement au système judiciaire de prouver l'identité d'une personne, il appartient désormais à chacun, par le contrôle de l'identité, de présenter les papiers attestant officiellement de son identité civique (Phéline, 1985: 136).

## 7.2 Le raisonnement de l'examen indiciaire

Malgré l'établissement d'un protocole précis d'où ressort la codification et l'objectivation du *ça-a-été* et du *c'est tel* des portraits de face et de profil mis en place par Bertillon, photographe pour rendre compte scientifiquement de l'identité s'est avéré insuffisant. La ressemblance ou la reconnaissance restent trop incertaines et subjectives dans la pratique policière pour le processus d'identification (Phéline, 1985: 126; Dessimoz et Champod, 2017: 332). Bertillon lui-même relevait les limites de la photographie dans le processus d'identification dans le système et plus encore pour individualiser. “ *Dès 1883, nous avons signalé l'extrême difficulté d'établir l'identité d'une façon certaine sans l'aide des mensurations entre plusieurs portraits de face pris à quelques mois seulement d'intervalle* ” (Bertillon, 1889: 389). Il illustre cette difficulté avec l'exemple d'un même délinquant photographié à six mois d'intervalle en mettant en avant les dissemblances entre les deux séries de portrait (Figure 75).



Figure 75: Portrait signalétique d'un même délinquant lors de sa première arrestation (en haut) et lors de sa seconde arrestation (en bas) six mois plus tard (repris de Bertillon, 1889: 389).

Dans la distribution des rôles des éléments constitutifs du « Bertillonage » ne reste au portrait judiciaire, à première vue, qu’une participation au signalement, à la reconnaissance et à la vérification. La force probante nécessaire à l’identification et la classification reste réservée aux marques particulières, aux empreintes et aux mesures anthropométriques (Locard, 1939; Phéline, 1985: 129-130). Ce constat met en lumière un processus de réduction et de découpage de l’information continue en critères ou caractéristiques numériques. Ce processus de réduction en critères numériques, formant un modèle de données extraites de l’information de base, relève du paradigme indiciaire et semble nécessaire à l’identification policière (Ribaux, 2014: 201). A un détail de l’épiderme, à une marque spécifique, à la forme d’une oreille, à une série de mesures est attribuée la valeur probante nécessaire à l’individualisation que ne permet pas la vision d’ensemble. Cependant, la photographie, par son statut établi d’empreinte, *fac-similé* valide de son sujet et déterminant entièrement celui-ci, ne se limite pas seulement à permettre la reconnaissance globale du sujet, mais aussi, et surtout, s’offre à l’observation et à l’examen. Elle devient dès lors un support autonome et indispensable à l’étude *réputée scientifique* du référent par l’interprète (Phéline, 1985: 134-135).

La déception quant à la force probante de la photographie est palpable. On avait imaginé sans doute au départ la photographie comme preuve « indiscutable » de l’identité individuelle. La transparence de la photographie, inhérente à l’expérience quasi perceptive qu’elle procure pour l’observateur, avait fait imaginer les espoirs les plus démesurés à ces précurseurs et est probablement à l’origine d’une méprise : la confusion du principe d’attestation d’existence de la photographie avec le processus d’identification. On avait sans doute pensé l’attestation d’existence de l’empreinte photographique tellement forte, qu’elle permettrait *de facto* l’individualisation par son mimétisme automatique et indiscutable avec le réel. L’attestation d’existence est une règle constitutive de la nature indiciaire de la photographie. Celle-ci s’inscrit dans une phase d’extraction et d’enregistrement des qualités référentielles. Le processus d’identification est un raisonnement fondé sur le paradigme indiciaire. Il n’a rien à voir avec la photographie en tant que telle, mais peut utiliser le tenant-lieu photographique comme support adéquat. Il s’inscrit donc dans une phase d’exploitation des qualités extraites et enregistrées dans le tenant-lieu piloté par une forme de raisonnement. Il apparaît même que le processus d’identification lui-même est composé au moins de deux phases distinctes. La phase d’exploitation proprement dite qui est elle-même constituée d’une étape de création d’un modèle de caractéristiques et d’une autre de comparaison avec du matériel de référence. La phase d’évaluation a quant à elle pour but de donner une signification argumentaire au résultat de la comparaison.

La distinction de ces trois phases (extraction descriptive, exploitation identifiante, évaluation argumentaire) permet d’expliquer certaines des limites de la photographie et les déceptions que celle-ci a pu engendrer concernant son pouvoir d’attestation. Cette distinction nous amène aussi à définir trois types d’empreintes différents qui correspondent respectivement à ces trois phases : l’empreinte du tenant-lieu qui correspond à la phase d’extraction, celle d’instanciation à la phase d’exploitation par l’examen et celle argumentaire à la phase d’évaluation comme décrite dans la Figure 76.

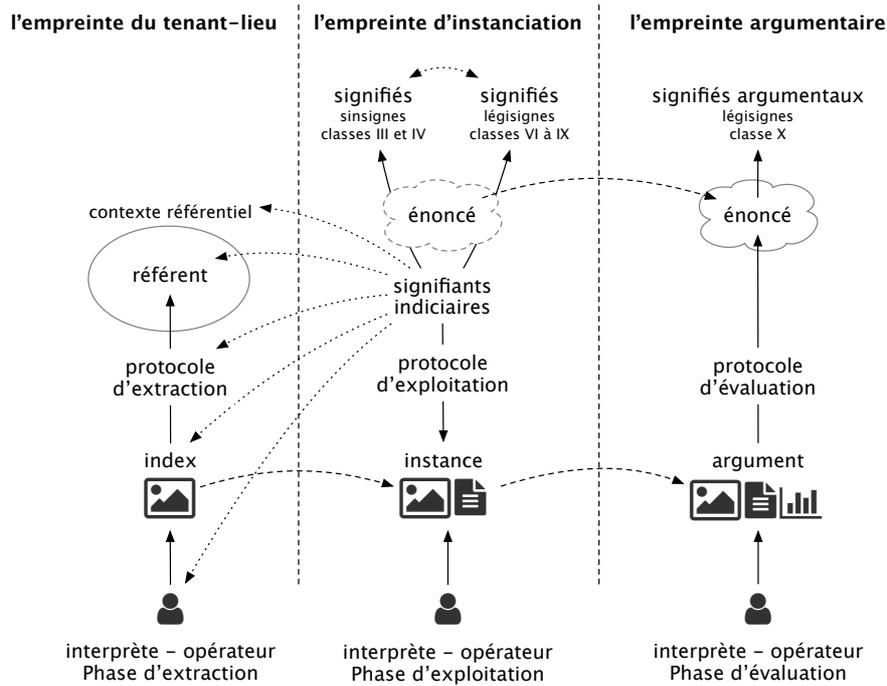


Figure 76: Les trois empreintes de la photographie judiciaire correspondant aux trois phases d'extraction, d'exploitation et d'évaluation.

Ces trois phases ne sont pas forcément successives. L'inventaire des stratégies communicationnelles que nous avons fait nous l'a déjà montré : la photographie peut suivre la stratégie du fac-similé référentiel, mais elle peut aussi attester de l'examen ou de la prise de position voire de la démonstration. Ainsi, l'examen peut précéder l'empreinte photographique d'extraction. Dans ce cas, la photographie, considérée comme empreinte, portera plus sur l'examen que sur le fac-similé référentiel. La photographie atteste dès lors du raisonnement de l'opérateur concernant le référent et, dans un même temps, de son existence. La Figure 77 de détermination de l'ordre des superpositions de traits réalisée par Reiss n'est pas un simple tenant-lieu d'extraction qui permet l'examen, elle est le résultat de cet examen d'investigation. C'est parce que Reiss, durant l'examen du document, a observé des détails révélateurs qui indiquent la superposition des traits que cette photographie a été réalisée. La photographie se place dès lors non plus dans la phase d'extraction, mais dans celle de l'exploitation de l'information référentielle qui, de ce fait, précède l'extraction.

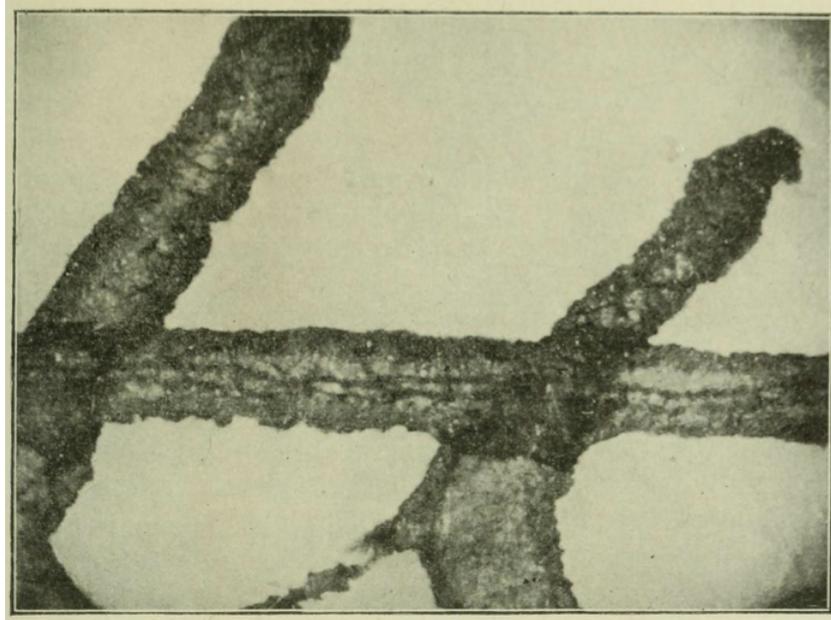


Figure 77: « la zone plus claire au milieu du trait produite par l'écartement des deux pointes du bec de la plume pourra nous fournir des indications précieuses. En effet, elle nous montrera, par sa continuation, le trait qui se trouve superposé à l'autre » (Reiss, 1903a: 136-137).

De la même manière, la photographie peut encore concerner l'évaluation de l'examen, et donner ainsi, elle-même, un avis et être argument. Elle attestera ainsi de l'existence du référent, de l'examen et de la prise de position voir de la démonstration de la véracité d'un énoncé. Ces dernières s'apparentent à celles qui se basent sur la stratégie communicationnelle de la prise de décision ou de la démonstration. La distinction entre les différentes phases n'est pas toujours absolue et dépend du contexte et de l'habitude culturelle. Dans le cas de la Figure 77, en fonction de l'habitude culturelle, la photographie peut se limiter à l'attestation de l'examen et de l'existence du détail observé, mais aussi être un argument démontrant l'ordre de superposition des traits.

Le protocole de la photographie signalétique s'inscrivant comme empreinte optimisée du tenant-lieu de la phase d'extraction, celle-ci s'offre comme support à l'examen. Elle ne peut ainsi pas répondre directement de cet examen, raisonnement externe à sa fonction d'extraction référentielle. Sur le plan de cet examen d'identification, elle est prévue pour être optimisée et saturer la détermination du référent (empreinte d'extraction) pour permettre l'identification des marques particulières (empreinte d'instanciation) qui serviront à l'évaluation de la force de la vraisemblance de la correspondance avec un individu (empreinte argumentaire).

### 7.3 L'objectivité du compte-rendu de la fixation des lieux

Bertillon ne s'est pas limité aux questions d'identités concernant l'usage de la photographie. A la photographie signalétique, s'ajoute la photographie géométrique de lieux (Kaluszynski, 2002: 123). « *En dehors des affaires exclusivement d'identité, la Photographie judiciaire intervient également pour toute les causes criminelles et civiles où il importe de conserver une vue exacte, complète et impartiale des locaux, des choses et des êtres. Tel détail, négligé par tout le monde, mais scrupuleusement enregistré par la Photographie, peut acquérir dans la suite une importance capitale* » (Bertillon, 1890: 46). Dans

cette citation, Bertillon nous met sur la piste de cinq éléments supplémentaires que nous considérons comme constitutifs de l’empreinte : la conservation, l’exactitude, l’exhaustivité, l’impartialité et la rigueur. Il est clair que même si Bertillon présente vraisemblablement ces éléments comme étant issus principalement de la nature *automatique* de l’enregistrement photographique, il nous apparaît désormais qu’ils sont, au contraire, plutôt constitutifs de la portée judiciaire de la photographie.

Nous reprendrons notamment ces cinq éléments au fur et à mesure des prochains chapitres. Cependant, la fixation photographique de l’état d’une scène de crime illustre déjà parfaitement certains de ces éléments constitutifs.

Pour Bertillon, les “ *vues photographiques prises dans les détails les plus rapprochés conserveront le stéréotype indiscutable des lieux* ” (Bertillon, 1890: 50). “ *L'appareil photographique est de nouveau l'enregistreur automatique qui voit tout et qui enregistre tout* ” (Reiss, 1903b: 5). Ces photographies générales de lieux privilégient des objectifs grands-angles pour couvrir l’intégralité de la scène sous différentes perspectives (Martin, 2010: 27). Comme nous l’avons déjà avancé, cette fixation « générale » des lieux relève selon nous de la stratégie communicationnelle du compte-rendu. Nous avons défini cette stratégie comme ayant une fonction mémorielle centrée objectivement sur l’état de fait par opposition avec la mémorisation centrée subjectivement sur l’opérateur. Le compte-rendu implique donc d’une part un regard « objectif » de la scène et d’autre part une couverture exhaustive de celle-ci. L’objectivité du compte-rendu fait référence à l’objectivité du *ça-a-été* qui présuppose une forme d’exactitude mimétique par rapport à la réalité considérée – aussi bien géométrique que sensitométrique– et une neutralité dans l’approche.



Figure 78: Chambre du crime, photographie de Bertillon (planche V. Bertillon, 1890: 49). “ *Le carreau brisé, la fenêtre entr’ouverte et les chaussons de lisière abandonnés [...] permettent de reconstituer en imagination la voie que les assassins ont suivie [...]. On assiste par la pensée au drame terrible qui suivit* ” (Bertillon, 1890: 49-50).

Impartialité, exactitude mimétique, exhaustivité, la fixation photographique de l’état des lieux est issue d’un savoir-faire particulier sur lequel le statut d’empreinte s’est construit et qui relève de l’objectivité et de la stratégie du compte-rendu. Cette empreinte, une fois construite institutionnellement sur ce savoir-faire, intègre celui-ci comme principe de fonctionnement sémiotique. La photographie comme

empreinte ne dit plus simplement *ça-a-été*, mais signifie *les lieux du crime dont il est question ont été trouvés exactement dans cet état et vous en avez une vue exacte, complète et impartiale*.

## 7.4 L’exactitude géométrique de la reconstruction topographique

“ *La cartographie n’a commencé à faire des progrès et à devenir une véritable œuvre scientifique que lorsque l’indication de l’échelle proportionnelle a permis de situer et de représenter exactement les positions géographiques. Il en sera de même pour la photographie appliquée à toutes les manifestations de la biologie.* ” (Chervin, 1907: XX). A la vue analogique de la photographie de fixation de l’état des lieux fonctionnant comme mémoire *complète et impartiale* pour l’enquêteur, Bertillon a très rapidement voulu profiter de la géométrie optique de sa construction pour pouvoir en mesurer des dimensions et des distances. Il mis au point, dès 1904, un système de photographie métrique “ *qui permet non seulement de restituer les dimensions et la volumétrie des lieux et des objets photographiés, mais aussi de transformer l’image photographique en un plan géométral* ” (Castro, 2011b: 234).

L’usage de ce système métrique repose sur l’utilisation d’un matériel spécifique avec des optiques grands-angles en suivant un protocole défini (Bertillon, 1913). L’image ainsi produite doit encore être insérée à l’intérieur de cadres métriques correspondant aux conditions d’établissement de la prise de vue et en fonction de la ligne d’horizon (Figure 79).

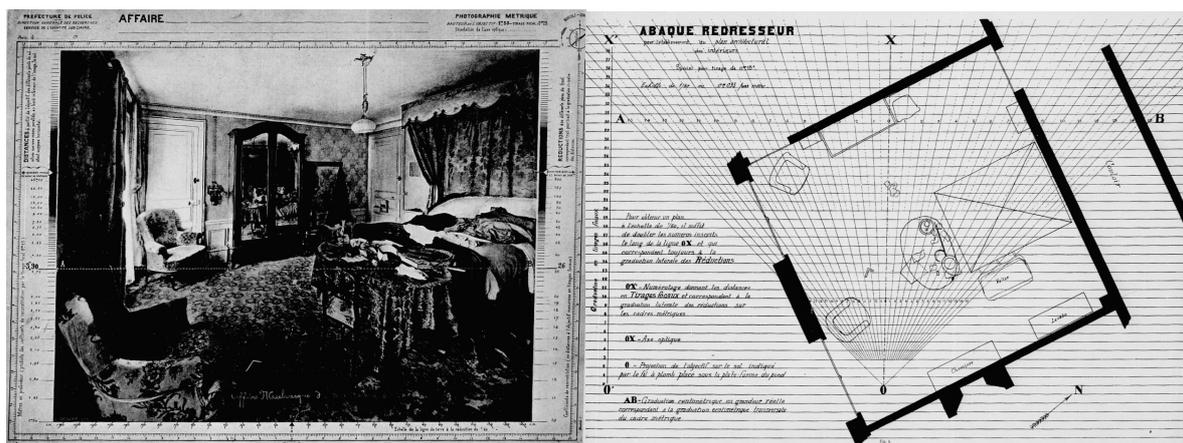


Figure 79: Photographie métrique d’une scène et son croquis planimétrique correspondant (Bertillon, 1913: 6-7; et Bertillon et Chervin, 1909: 104 b et c).

A la « science physico-chimique » d’enregistrement photographique de la lumière, s’ajoute désormais la « science géométrique » des lois optiques des objectifs. Avec cette nouvelle science géométrique, la photographie métrique acquiert une garantie d’exactitude spatiale qui va bien au-delà de l’exactitude mimétique habituelle. Elle apporte de nouvelles possibilités qui ne se limitent plus à l’empreinte d’extraction, elle permet désormais la reconstruction. “ *Il ne s’agit plus de créer l’image d’une scène, mais de recréer la scène d’après son image* ” (Comar, 2010: 282). L’image peut ainsi servir à l’élaboration de croquis métriques dont l’exactitude géométrique est la préoccupation centrale. Cette exactitude géométrique, jamais atteinte jusqu’alors, élève la photographie métrique au rang de *véritable œuvre scientifique* pour reprendre les mots de Chervin, ou à la considération de cette photographie métrique comme empreinte du point de vue sémiotique. En effet, l’exactitude est un élément constitutif central de la considération de la photographie comme empreinte. Cette exactitude ne se limite pas au *c’est tel*

mimétique, mais s'étend aux calculs de mesures géométriques. La photographie métrique, et la photogrammétrie qui s'est développée en parallèle, puis la stéréométrie ne sont pas les seuls arguments qui soutiennent cette affirmation : la présence nécessaire d'un repère métrique dans les protocoles d'établissement des images ajoute à l'importance de l'exactitude mimétique celui du facteur d'agrandissement de l'image par rapport au réel.

## 7.5 Le regard orthogonal du point de vue

*“ Il s'agit maintenant de fixer exactement sur la plaque photographique la position du cadavre. Mais pour que cela soit possible, il faut que toutes les parties du corps visibles à l'œil soient également visibles sur la photographie. Dans ce cas, il n'y a qu'une position de l'appareil qui puisse remplir cette condition : c'est la position verticale, position dans laquelle on fera coïncider le milieu du cadavre étendu avec le centre de l'objectif ”* (Reiss, 1903a: 27). Ce type de photographie verticale a nécessité l'invention et l'amélioration successives, par Bertillon, Reiss et d'autres, de plusieurs types d'appareils permettant de faire basculer la chambre pour permettre ce genre de prise de vue inaccessible avec un appareil standard (Reiss, 1903a: 25-27).

Contrairement à ce que laisserait croire cette citation de Reiss, le point de vue vertical n'a pas pour seule fonction l'optimisation descriptive. Ce regard vertical possède aussi *“ l'ambition d'annuler toute forme de subjectivité ”* (Castro, 2011a: 240). L'objectivité, l'impartialité ne sont pas seulement l'œuvre de l'automatisme de l'enregistrement, mais aussi celle du point de vue et du regard porté qui en découlent. A cela s'ajoute encore la fonction topographique du regard vertical. La forme et la disposition des corps et des objets sont directement transposables dans un croquis planimétrique comme dans la Figure 79.

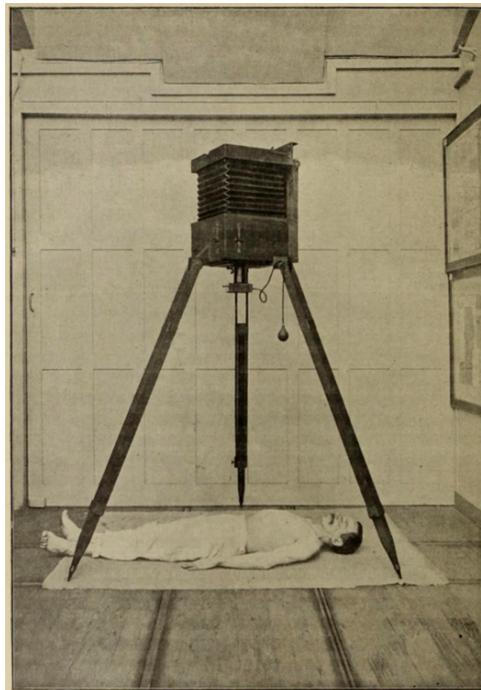


Figure 80 : Le dispositif à trois pieds coulissant imaginé par Bertillon pour réaliser les photographies en position verticale (repris de Reiss, 1903a: 30).

Le point de vue strictement orthogonal, parfaitement perpendiculaire et centré sur le référent est un élément transverse de la photographie judiciaire et ne se limite pas au regard vertical : il fait aussi face horizontalement. Les photographies signalétiques sont parfaitement alignées horizontalement au sujet. A l’aplatissement des perspectives issu du point de vue orthogonal, Bertillon répond par la photographie complémentaire de profil pour déterminer parfaitement les formes et reliefs de la surface. “ *La proéminence du nez [...] ne peut être devinée qu’approximativement par le jeu des ombres. Il en est de même pour la forme du front, etc.* ” (Reiss, 1903a: 164). L’image de profil est totalement complémentaire à celle de face tout en gardant par rapport au référent le même regard orthogonal.

De manière transversale, la surface sensible est mise dans un plan parallèle à la surface du référent permettant le regard de face soit horizontalement soit verticalement.

Ce regard orthogonal est aussi complété par la préoccupation constante de rendre, quand cela est possible, le référent parfaitement plat : “ *ces ressorts ( d’un châssis-presse) devront être puissants pour permettre d’étendre le linge ou le mouchoir complètement à plat [...]* ” (Reiss, 1903a: 96). Cadavres, suspects, traces, pièces à conviction, lieux, la photographie judiciaire impose la plastique de son regard orthogonal, impartial qui minimise la subjectivité et maximise le pouvoir de description des entités.

## 7.6 La détermination référentielle des traces et des pièces à conviction

Pour la photographie judiciaire, la détermination référentielle est une triple problématique : celle de la description, de la relation et de la localisation.

Premièrement, il s’agit de garantir le fait d’avoir trouvé et photographié ce qui détermine le mieux l’individualité, à savoir l’optimisation de la description du référent individuel. “ *La Photochromographie et ses équivalents devront venir en aide à la Photographie proprement dite, toutes les fois que les objets à reproduire seront surtout reconnaissables par leur coloration spéciale* ” (Bertillon, 1890: 53).

Deuxièmement, il s’agit de garantir le lien entre le tenant-lieu photographique et le référent réel. Dans la définition de la stratégie communicationnelle de l’empreinte que nous avons donnée, nous avons déjà pu spécifier l’importance de ce lien référentiel qui est un des volets du principe de la *continuité de la preuve* . Celui-ci garantit que le référent du tenant lieu photographique correspond bel et bien à l’objet du monde réel dont il est question. Cette préoccupation apparaît dès la photographie signalétique avec l’indication sur l’image, par une annotation manuscrite, du nom de la personne photographiée. Elle est aussi à l’origine des répertoires photographiques détaillés que tenait notamment Reiss où chaque photographie était numérotée et documentée avec rigueur et précision.



## 7.7 La préservation mémorielle de l’éphémère

“ Jusqu’ici [...], la Photographie avait surtout pour but de préserver de la destruction des indices éphémères, en vue des discussions ultérieures de l’instruction et de l’audience ” (Bertillon, 1890: 52). Nous retrouvons ici la fonction de *mémoire artificielle* du compte-rendu ou du tenant-lieu photographique qu’avait déjà soulignée la citation de Reiss en ouverture de ce travail (Reiss, 1903a: 1).

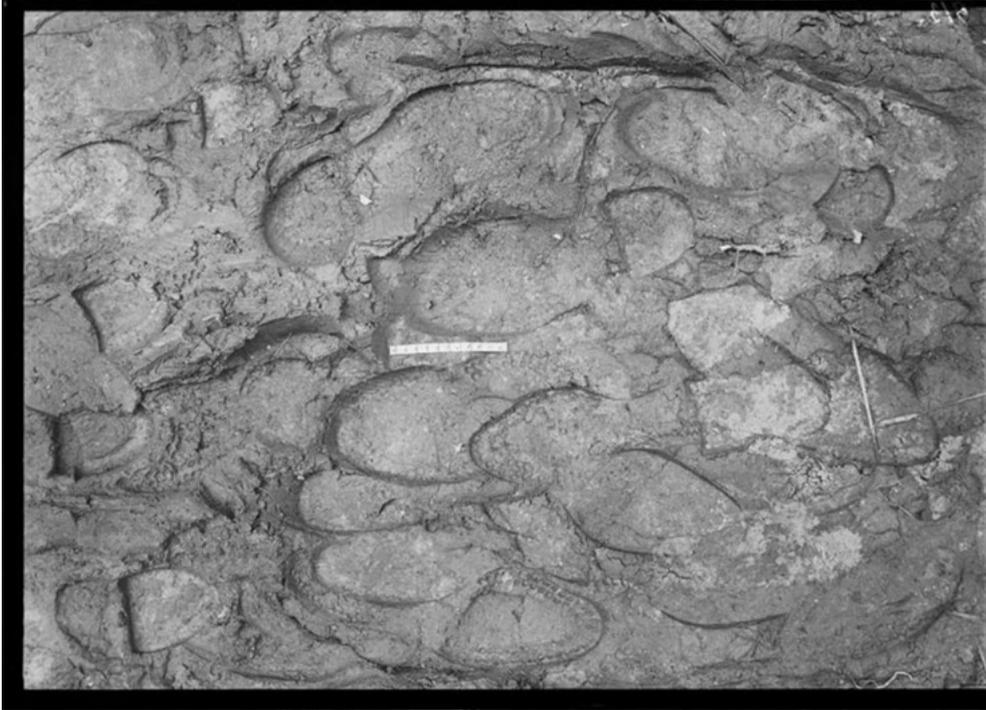


Figure 82: Traces de pas dans la boue devant l’entrée lors d’un vol avec effraction aux chemins de fer fédéraux à Lausanne en 1907 (Reiss, 1907 source: université de Lausanne, UNIRIS). La préservation photographique des traces éphémères précède le moulage en plâtre des traces les plus caractéristiques (Champod, Girardin, et al., 2009: 59).

La photographie comme empreinte ne se limite cependant pas au tenant-lieu mémoriel de l’entité ou de l’état éphémère soumis à l’inexorable évolution temporelle. L’enregistrement photographique, dans la rigueur du protocole imposé par son statut d’empreinte, autorise la modification voire la destruction du référent réel. L’empreinte réalisée, celle-ci se substitue à l’objet réel dont la préservation n’est plus forcément nécessaire. L’état de la scène est préservé jusqu’à la fin de l’établissement du compte-rendu photographique qui en autorise la modification. Avant la prise de leur empreinte photographique, les pièces à conviction sont scellées et préservées. La mémoire de l’état et de l’individualité de celles-ci étant garantie par l’empreinte photographique, les examens destructifs peuvent enfin s’opérer à l’image du moulage en plâtre qui fait directement suite à la photographie de la Figure 82 et qui aboutit à la destruction de celle-ci.

On remarquera cependant facilement la faille d’incertitude de cette préservation mémorielle dans les exemples présentés : le moulage détruisant la trace ou la modification de la scène de crime, même s’ils interviennent après l’enregistrement photographique, ils précèdent cependant largement la révélation de ce dernier et donc l’assurance de sa qualité de tenant-lieu adéquat. Cette faille temporelle d’incertitude nécessitait l’extrême compétence de l’opérateur. Celle-ci s’est largement atténuée à l’ère de la

photographie numérique qui permet le contrôle instantané de la qualité des images réalisées, voire d'anticiper celle-ci.

## 7.8 L'investigation *scientifique* de la photographie (de l'invisible)

“ *Nous avons vu la Photographie agir comme moyen de préservation [...]; mais il y a d'autres cas encore plus curieux et assez rares où l'objectif, jouant un rôle d'investigation, arrive à voir et à fixer des traces que nos yeux ne sauraient percevoir directement* ” (Bertillon, 1890: 56). La sensibilité à la lumière et aux teintes de la surface sensible différentes de l'œil humain, les possibilités de jouer sur le temps d'exposition pour accumuler le signal, le pouvoir séparateur du dispositif optique aussi bien vers l'infiniment petit que l'infiniment grand, la taille et la résolution de sa surface d'enregistrement, font de la photographie un outil capable de transcender la vision humaine en restituant « l'invisible » à la perception directe humaine.

Cette faculté de la photographie est en relation étroite avec la stratégie communicationnelle de la transcendance qui rend explicite que ce qui est visible sur l'image est hors d'atteinte de la perception humaine habituelle. Cette stratégie est socialement associée avec l'idée d'*imagerie scientifique* qui transcende l'expérience perceptive humaine. Bertillon, dans cette citation, nous éclaire une nouvelle fois sur le fait que ce n'est pas la transcendance du résultat photographique en tant que telle qui compte, mais la genèse de ce résultat. Ce n'est pas le résultat transcendant la vision humaine qui est fondamental dans *l'imagerie scientifique*, mais la méthode scientifique de l'enquêteur qui le produit en connaissance des causes au travers de l'objectif et qui aboutit à son enregistrement. La transcendance « scientifique » du résultat n'est que la conséquence d'une méthode scientifique suivie par l'opérateur, de ses connaissances théoriques et de son savoir-faire technique.

Cette faculté méthodologique du scientifique enquêteur à l'origine de la fixation au travers d'un objectif de traces parfois imperceptibles, nous l'avons appelée l'investigation *scientifique*. Elle trouve probablement ses racines les plus profondes dans la recherche du détail révélateur par un opérateur-chasseur propre au paradigme indiciaire défini par Ginzburg. Nous avons décrit cinq composantes de ce paradigme d'acquisition des savoirs sur lesquelles repose le fonctionnement de son raisonnement particulier, cependant, ceux-ci ne participent pas directement à la construction communicationnelle de l'empreinte. Comme nous venons de le voir, en plaçant l'origine de l'investigation *scientifique* au niveau de la méthode de travail de l'opérateur et de ses savoirs, c'est donc sur ces derniers que la construction de l'empreinte photographique repose. Sur le plan communicationnel, nous pouvons identifier six piliers principaux de l'investigation scientifique qui relèvent de la méthode et des savoirs de l'opérateur : l'identification d'une méthode scientifique, la reconnaissance des savoirs de l'opérateur enquêteur, de son savoir-faire technique, la validation de l'examen, la désignation du détail identifié comme révélateur et la force de persuasion de la signification argumentaire que ce détail révèle.

Avant de traiter de ces six piliers identifiés, il est nécessaire de considérer une conséquence de l'*investigation scientifique* sur le résultat photographique du point de vue du récepteur. Dès le moment où le résultat photographique transcende la perception habituelle humaine, sa lecture peut requérir un effort particulier voire certaines compétences spécifiques. Au même titre que les images médicales d'échographies ou d'IRM, les photographies d'investigation ne s'offrent pas facilement à une lecture habituelle pour tout interprète. Nous pouvons reprendre l'exemple de la Figure 77 à propos des examens photographiques des documents écrits que réalisait Reiss ; ou celui, plus récent, au sujet de la problématique des traces de copiage des clés de voiture (Figure 83) ; ou encore celui des photographies

des marques d’ouvertures des bouteilles de sécurité utilisées dans la lutte contre le dopage dans le sport disponible dans un rapport d’expertise rendu public (Champod, 2017).

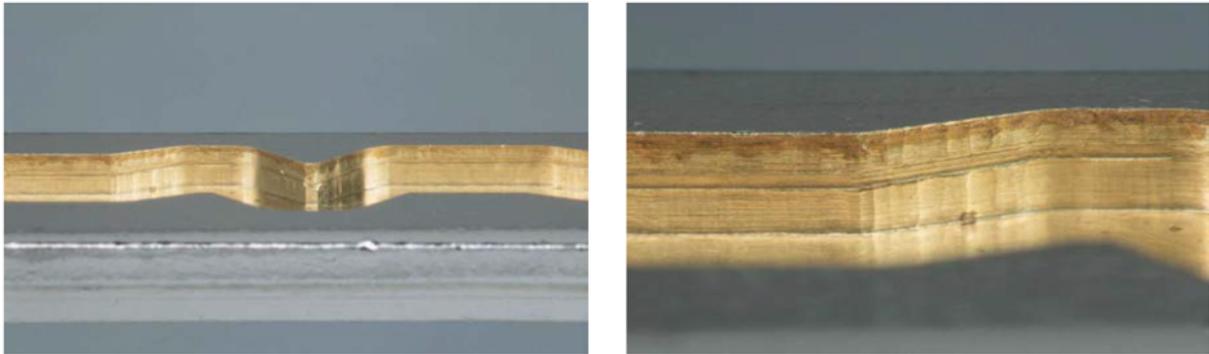


Figure 83: Photographies d’une clé défoncée au centre, côté gauche (image de gauche 5x, de droite 12x). “ *Les traces de copie se trouvant plus bas que la zone d’usure, elles ne sont pas effacées* ” (Zanetta, 2001: 23).

A la transcendance de la perception s’ajoute aussi le fait que les photographies d’investigation *scientifique* ne s’offrent généralement plus comme support à l’examen, elles désignent le résultat de cet examen voire argumentent à propos d’un énoncé. De la conjonction de ces deux éléments découle une certaine indétermination qui tend à engendrer, en fonction de l’interprète, une rupture communicationnelle ou, peut-être plus dangereusement, un malentendu.

- Il y a rupture lorsque l’interprète ne comprend pas ce qu’il voit ni ce qu’il est censé voir et qu’il ne se sent pas forcément compétent pour lire la photographie. Si l’on reprend les photographies de clé de la Figure 83, l’interprète, en fonction de la configuration de ses savoirs, ne va pas forcément comprendre ce qu’il voit même en sachant qu’il s’agit d’une clé de voiture. Même s’il comprend ce qu’il voit, il est conscient de ne pas avoir toutes les compétences requises pour déterminer qu’elles sont les « traces de copie » censées être visibles et désignées par la photographie de l’examen de l’opérateur.
- Il y a malentendu lorsque l’interprète se croit faussement compétent pour lire la photographie. L’illusion de compétence de l’interprète, ou la surestimation de ses savoirs sont un biais du comportement humain connu et déjà documenté (Fischhoff, Slovic, et al., 1977: 552; Aronson, 2007: 45-58). Nous pouvons aussi faire l’hypothèse que ce biais est d’autant plus grand pour la photographie étant donné son mode de représentation quasi perceptif. Il est plus commun ou facile de s’admettre pas assez compétent face à certains textes ou formules mathématiques trop compliquées que face à une photographie. Les problématiques de communication entre criminalistes et juristes se sont d’ailleurs très souvent portées sur des questions de formulations d’arguments ou de conclusions textuelles, mais rarement sur les images ou photographies censées attester, en toute transparence, de l’argument que l’expert avance.
- Il y a compréhension dans un processus circulaire entre l’interprète et l’opérateur lorsque celui-ci possède réellement les savoirs nécessaires à la lecture de l’image et les met en œuvre. En considérant la Figure 83, il saura dès lors reconnaître facilement le côté gauche de la clé défoncée au centre et identifiera les traces de copie et d’usure détectées et désignées par l’opérateur. Il pourra ainsi utiliser ce tenant-lieu, même si celui-ci est forcément orienté par l’examen de l’opérateur, pour réaliser son propre examen critique à la fois quant à la qualité de l’examen et à l’argument sur l’énoncé en question (la clé a été copiée).

### 7.8.1 La logique de la méthode scientifique de l'investigation

La méthode scientifique pour acquérir de nouvelles connaissances s'est construite sur plusieurs siècles à partir du XVI<sup>e</sup> siècle et est désormais communément définie en une méthode hypothético-déductive en six étapes selon le processus présenté dans la Figure 84 (Aronson, 2007: 103-145; Weiss, 2009a: 73).

Ces phases correspondent à une approche cognitive de principe et ne sont pas absolues. Elles peuvent s'adapter et se réorganiser en fonction du contexte d'utilisation.

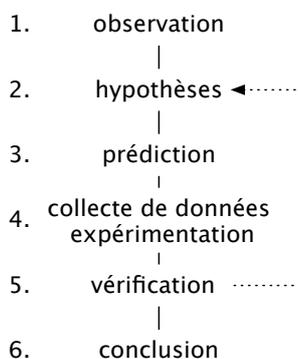


Figure 84: schéma en six étapes de la méthode scientifique communément définie.

Ce processus hypothético-déductif fait appel de manière cyclique aux trois modes de raisonnement définis par Peirce : l'élaboration d'hypothèses pour expliquer un fait par l'abduction (priméité); la détermination des règles par la répétition d'observations des faits de l'induction (secondéité); l'imposition de la règle aux faits de la déduction (tiercéité). L'enquête criminelle qui consiste à raisonner sur les effets pour en reconstruire les causes possibles requiert tour à tour ces trois formes de raisonnement qui s'inscrivent dans le processus hypothético-déductif. Appliqués à l'enquête criminelle, plusieurs auteurs (Crispino, 2008: 26; Margot, 2003; Ribaux, 2014: 171-176) proposent de schématiser ces trois modes de raisonnements dans un triangle qui fait directement référence au fonctionnement trichotomique du signe Peircien. Dans cette optique référentielle à la trichotomie Peircienne, nous nous permettons d'adapter l'ordre des sommets du triangle de la Figure 85 pour les faire correspondre au fonctionnement du signe où les traces (résultats observés) s'inscrivent au niveau du sommet du representamen du signe ; les causes des traces (le cas) au sommet objet du signe auquel les traces réfèrent ; les connaissances, l'habitude ou les règles de fonctionnement du signe au sommet de l'interprétant.

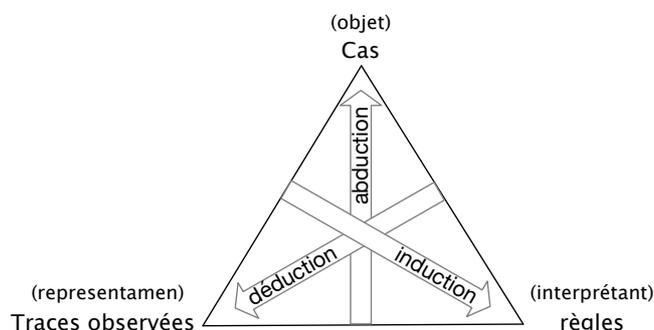


Figure 85 : Les trois modes de raisonnement appliqués à l'enquête criminelle.

Complémentairement au suivi d’un protocole procédural établi, chaque photographie réalisée doit aussi s’inscrire dans une logique de raisonnement basée sur une méthode scientifique (Weiss, 2009a: 73) guidée par cinq principes généraux (Rossy, Ribaux, et al., 2019: 440) :

- Le *principe d’utilité* : chaque image doit poursuivre, d’un point de vue sémiotique, un objectif défini dans la logique de la méthode.
- Le *principe de dimensionnalité* : la photographie doit permettre de répondre à la question ou à la dimension d’intérêt.
- Le *principe d’expressivité* : elle doit être aussi parfaite que possible pour exprimer l’ensemble des faits sans ambiguïté et en minimisant l’indétermination.
- Le *principe d’intégrité* : elle doit présenter le fait ou l’entité de manière fidèle, équitable et adéquate en regard des exigences requises par l’objectif poursuivi.
- Le *principe d’efficacité* : la photographie doit être comprise et interpréter de manière fiable dans un effort de traitement minimal par rapport à la problématique traitée.

En considérant la Figure 86, les photographies telles que produites dans cette page ne répondent pas à ces critères : elles ne s’insèrent de manière adéquate dans aucune logique de démarche scientifique. En comparaison avec la photographie instanciée de superpositions de traits réalisée par Reiss et présentée dans la Figure 77 qui atteste de manière évidente de l’observation de ce dernier durant l’examen du document, il y a, pour la Figure 86, une grande indétermination quant à l’intention de désignation de l’étudiant et à son insertion dans une méthode scientifique d’investigation. Si, dans certains contextes, il peut y avoir un intérêt à comparer des encres entre elles, il faut encore les rendre comparables et différenciables : les agrandissements ne sont pas les mêmes d’une image à l’autre, les conditions de reproduction des couleurs ne sont pas identiques. Dans le cas présent, pour dresser un inventaire des types d’encre composant cette « pièce 1 » dans une phase initiale d’observation utile à la définition des hypothèses, une photographie générale aurait été bien plus adaptée et cohérente à cet usage et aurait permis de mettre en relation chaque encre avec la partie de texte correspondante du document. Il n’y a pas d’intérêt à photographier à fort grossissement et donc avec un fort pouvoir de désignation des entités où, au final, rien n’est véritablement désigné.

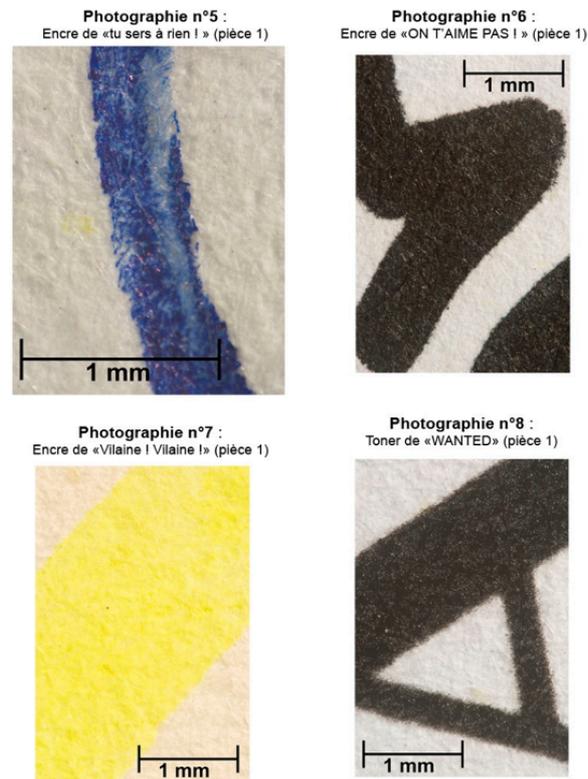


Figure 86: reproduction d'une page de cahier photo d'un rapport d'étudiant anonymisé dans le cadre d'un travail pratique sur l'investigation des documents. L'insertion de ces photographies dans une quelconque démarche logique reste largement indéterminée, leur objectif sémiotique n'étant pas défini. (page issue des enseignements pratiques de l'ESC, 2008).

Enfin, la méthode scientifique basée sur un raisonnement hypothético-déductif doit aussi s'inscrire dans le processus d'une investigation judiciaire. Selon Kind “ *l'investigation d'un crime et le jugement criminel qui suit peuvent être considérés conceptuellement comme un livre à trois chapitres qui s'intituleraient : le problème de trouver, la décision d'accuser et le problème de prouver* ” (Kind, 1994: 155). Il existe d'autres variantes proches des trois chapitres proposés par Kind (Brodeur, 2019: 407; Rossy, Ribaux, et al., 2019: 431) qui articulent la décision d'accuser autour du problème de la structuration des éléments de preuve. Dans notre approche sémiotique, il nous paraît plus adapté de ranger la structuration des éléments de preuve à l'intérieur de l'acte communicationnel d'argumenter. Nous proposons ainsi, aussi dans une optique d'élargir à d'autres contextes que celui spécifique du jugement criminel traité par Kind, de renommer de manière plus générale ces trois chapitres en (I) le problème de trouver, (II) le problème d'évaluer (ou de décider) et (III) le problème d'argumenter.

Il faut considérer ce raisonnement en trois chapitres comme itératif et intervenant dans un continuum où chaque chapitre est en même temps influencé par les suivants et conditionné par les précédents (Kind, 1994: 156-157) : le problème de trouver s'effectue dans une optique interprétative qu'il sera nécessaire d'évaluer en vue d'argumenter de la véracité d'un énoncé déjà identifié ou non ; inversement, le problème d'argumenter repose uniquement sur ce que l'on aura préalablement trouvé et interprété pour en dégager une signification.

- (I) Dans l'opposition simplificatrice signifiants/signifiés du signe que nous avons déjà utilisée, le problème de trouver se place principalement dans le pôle des signifiants. Il s'agit ainsi de

trouver et d’identifier les signifiants des signes. Cette recherche est menée et guidée en anticipant les signifiés dans une méthode hypothético-déductive.

- (II) Le problème d’évaluer (ou de décider), opère cette fois au niveau des signifiés ou interprétants finaux des signes en considérant les signifiants identifiés. Le raisonnement du paradigme indiciaire impose à l’interprétation une incertitude inhérente au paradigme. La gestion et l’évaluation de cette incertitude peuvent se réaliser de différentes manières : par l’habitude qu’elle soit personnelle, culturelle ou institutionnelle, de manière qualitative, quantitative ou semi-quantitative par des approches basées sur les probabilités et les statistiques.

Les choix des termes sont importants pour éviter toute confusion surtout qu’ils ne correspondent pas forcément à la pratique habituelle du domaine. L’interprétation correspond à l’action pragmatique globale de donner une signification au signe dans sa relation triadique se basant sur les trois types de raisonnements que sont l’abduction, l’induction et la déduction (abduction : j’é mets l’hypothèse que l’entité que je vois dans le dessin d’enfant de la Figure 3 correspond à un dragon ; induction : l’entité représentée à quatre pattes (ce qui diffère de l’idée communément acceptée du dragon), mais certaines expériences réelles montrent que ce dessinateur spécifique, un enfant de 5 ans, représente des dragons avec quatre pattes, cet élément n’est donc pas éliminatoire dans ce contexte ; déduction : les enfants réalisent souvent des dessins en rapport avec des histoires et je viens de lui raconter une histoire avec un dragon rouge, il doit donc s’agir d’un dragon). L’interprétation intervient dès l’identification du signe comme signe et couvre donc l’ensemble des trois chapitres de l’investigation. Comme souligné par Ginzburg, l’interprétation est une approche essentiellement qualitative et indissociable de la rigueur élastique de l’interprète.

L’évaluation représente les processus mis en œuvre pour qualifier ou quantifier la crédibilité ou la vraisemblance de cette signification établie par interprétation (la probabilité que l’entité que je vois soit un dragon est de 0.65). Nous suggérons encore une distinction entre évaluer et décider en fonction de l’approche d’évaluation effectivement adoptée par l’opérateur : la décision requiert une approche qualitative ou alors quantitative, mais discrète ou habituelle, c’est-à-dire un seuil, une habitude, une règle définis, en deçà et au-delà desquels des décisions d’interprétation différentes, voire parfois opposées, sont prises (habitude : mon expérience pragmatique me permet de décider que l’entité que je vois est un dragon ; seuil : dès que la probabilité est estimée à plus que 0.8, je peux décider qu’il s’agit d’un dragon, sinon je ne peux pas prendre cette décision, mais éventuellement une autre). A l’inverse des méthodes quantitatives discrètes, celles purement continues n’aboutissent pas à une « décision » en tant que telle, mais à une valeur indicative. Cette valeur indicative peut être déterminée de plusieurs manières : tests statistiques, indices de fiabilité, rapport de vraisemblance d’une observation en fonction d’une hypothèse par rapport à une autre, etc. Si une discussion sur les différentes méthodes d’évaluation interprétative des indices sort largement du cadre de ce travail, il nous paraissait cependant important de le situer correctement dans le processus général et d’en donner le cadre général. L’évaluation est une couche quantitative qui s’ajoute et s’intègre *a posteriori* dans le processus d’interprétation initialement qualitatif (Ginzburg, 1980: 21). Le problème d’évaluer est un chapitre de transition entre le premier et le troisième : il n’a pas de substance sans les résultats du premier et n’a pas véritablement de sens sans le troisième.

- (III) Le *problème d’argumenter* représente quant à lui un nouvel acte communicationnel réalisé par l’opérateur pour un nouvel interprète. Il consiste à établir un argument par rapport à un énoncé pour un interprète. Le problème d’argumenter est un cycle d’interprétation du

signe triadique supplémentaire : l'argument, c'est-à-dire le signifié pour l'opérateur du signe indiciaire, deviendra lui-même signifiant du signe argumentaire pour l'interprète qui considère ce nouveau signe.

## 7.8.2 Les savoirs *a priori* comme moteur de l'investigation

Nous avons pu reprendre de Ginzburg que le raisonnement mis en œuvre dans le paradigme indiciaire repose sur une casuistique pragmatique où l'expérience joue un rôle indéniable au même titre que son intuition et sa motivation. La construction de l'empreinte n'aurait pas pu se construire sans les connaissances et savoirs théoriques établis et reconnus des pionniers de la photographie judiciaire comme Bertillon ou Reiss. Ces savoirs théoriques nécessaires au processus hypothético-déductif dépassent largement les connaissances techniques en photographie.

Le raisonnement du paradigme indiciaire ne débute pas forcément par l'observation directe des effets, mais par la recherche de ces effets. L'enquêteur n'observe pas forcément directement les traces, parfois il doit les rechercher et mettre en œuvre certaines techniques de détection pour les rendre perceptibles. L'investigation débute donc par la recherche prospective de traces, détails révélateurs d'une réalité plus profonde. Cette recherche ne se fait pas au hasard, mais se base sur les connaissances préalables de l'enquêteur dans un processus de raisonnement hypothético-déductif. Le pêcheur, par l'observation et la considération de l'environnement spécifique auquel il fait actuellement face et sur la base de ses connaissances et son expérience de pêcheur, va déterminer le type d'appâts à utiliser préférentiellement, son positionnement dans la rivière et l'endroit où il doit lancer son appât dans un raisonnement hypothético-déductif. Il en sera de même de l'enquêteur, par l'observation et la considération de la scène ou de l'affaire particulière, celui-ci, devra déterminer quels sont les détails à chercher, où les chercher et comment les détecter, etc. Dans l'exemple de la Figure 83, concernant les traces de copie de clés de voiture, l'enquêteur a deux scénarios pour mener sa recherche de détails :

1. Il possède les connaissances liées aux traces que peuvent laisser les différents modes de copie de clé existants pour ce type de clés défoncées au centre et les différencier d'autres marques, où les chercher et comment les observer correctement. Dans ce cas de figure, il peut initier son investigation.
2. Il ne possède pas ces connaissances *a priori*. Il devra se documenter sur le sujet dans les recherches déjà menées et, si la problématique est inédite, mettre en place certaines expérimentations préalables pour acquérir ces connaissances dans une démarche hypothético-déductive.

Ribaux (Ribaux, Baylon, et al., 2010: 68-70) définit un modèle à quatre dimensions de connaissances que l'enquêteur ou les décideurs institutionnels doivent mettre en œuvre pour se prononcer sur une intervention et déterminer l'approche à appliquer à cette dernière :

- Sur *l'environnement stratégique technologique et procédural* de l'organisation,
- Sur *l'environnement criminel* qui informe sur la structure actuelle de la criminalité et sur les cas similaires déjà rencontrés,
- Sur *l'environnement immédiat* de l'intervention qui guide l'approche situationnelle du cas particulier,
- Sur *l'environnement physique* permettant la détermination des localisations, supports et procédures de recherche, de détection, d'extraction et de préservation des traces.

Ce modèle à quatre dimensions doit être considéré aussi bien au niveau des connaissances théoriques que de l'expérience et des savoir-faire pratiques. Celui-ci consiste particulièrement à structurer et intégrer

certaines aspects issus du renseignement dans la méthodologie d’intervention et de détection de sur la scène de crime. En considérant le processus photographique dans le cadre d’une méthode scientifique du paradigme indiciaire, il faut compléter ce modèle par au moins une dimension de connaissance supplémentaire : celle sur *l’environnement de la trace* (ou le distinguer de l’environnement physique).

Cet environnement couvre l’ensemble des connaissances sur la genèse des traces ; l’exploitation de leurs caractéristiques en vue de produire une signification par rapport à leur référent ou un énoncé ; ainsi que la force de leur pouvoir argumentaire par rapport à cet énoncé. La distinction entre les dimensions sur *l’environnement physique* et *celui de la trace* peut être mise en évidence en reprenant le processus de l’expertise en écriture décrit par Reiss (1903a: 112-146). Il y a en effet, d’une part les connaissances liées à la genèse des traces produites par la création d’une falsification. Ces connaissances vont permettre à l’enquêteur de savoir quelles constatations chercher dans le contexte de l’énoncé d’intérêt : « *a-t-on enlevé mécaniquement [...] des traits sur le document ? [...] La surface du papier, à l’endroit traité avec un canif ou avec le rasoir qui est surtout employé pour ce travail, est rugueuse, fibreuse, et l’épaisseur du papier diffère de celle du reste* » (Reiss, 1903a: 113). Ces connaissances permettent de déterminer principalement le « quoi chercher ainsi que le pourquoi du quoi ». D’autre part, complémentairement, les connaissances sur l’environnement physique visent la détermination du « comment chercher et le pourquoi du comment ». “ *MM. Dennstedt et Schöpff recommandent d’examiner l’endroit suspect en y mettant une goutte d’eau. En effet, le papier étant raturé, et par conséquent, l’encollage étant détruit, pompe immédiatement l’eau. La goutte d’eau reste au contraire pendant un certain temps telle quelle sur le papier non traité au rasoir. [...] Par transparence et sous une lumière très oblique, la microphotographie montrera très nettement tous les endroits où le faussaire a attaqué le papier avec le grattoir* ” (Reiss, 1903a: 114-115).

La contribution de ces différentes dimensions de connaissances à la construction de l’empreinte n’est pas forcément homogène et représente sans doute un cas idéal. Certaines dimensions, comme l’environnement de la trace et celui physique semblent les plus prépondérants dans cette construction culturelle.

### 7.8.3 La plastique du savoir-faire technique

Jacques Locard, fils d’Edmond, le déclare d’emblée dans son cours de photographie judiciaire : “ *en matière de photographie, le policier ne peut pas être un amateur, il faut, au contraire, qu’il soit un professionnel averti* ” (Locard, 1950: 1). Cette compétence photographique doit servir à la qualité de la production photographique judiciaire. “ *Nous pensons qu’une photographie doit être aussi parfaite que possible et ne doit donner lieu à aucune erreur.* ” (Reiss, 1903a: 6).

La photographie judiciaire est un acte de production communicationnel qui requiert un savoir-faire technique et, dans un processus sémiotique circulatoire, ce savoir-faire technique doit pouvoir être attesté par son résultat photographique pour un interprète. La stratégie communicationnelle du savoir-faire que nous avons décrit y joue un rôle central. Bien sûr, plusieurs éléments déjà cités participent à cette plastique du savoir-faire : le point de vue orthogonal, l’exactitude, le souci d’objectivation. Ils ne sont cependant pas les seuls : la propreté et le soin de la disposition, la netteté et le piqué de l’image, l’exposition adéquate, sa profondeur de champ optimisée, etc.

Le soin apporté à ce signe plastique particulier, parfois très vite reconnaissable comme dans le cas de la photographie signalétique ou métrique permet de toute évidence de renforcer l’impression de rigueur et de savoir-faire pour l’interprète et ainsi de soutenir le statut d’empreinte. On imagine mal une photographie « ratée » ou attestant un manque total de rigueur être utilisée de manière crédible dans un contexte judiciaire. La Figure 87 montre un exemple extrême de l’importance du signe plastique du savoir-faire en mettant en évidence la portée de la disposition des entités dans la photographie judiciaire. Ces deux images présentent les mêmes entités, mais leur disposition différente induit des significations

très contrastées. Il faut préciser que nous ne parlons pas ici d'une distinction pauvre de sens entre « forme » et « contenu » : le signe plastique engendré par la disposition des objets est un signifiant au même titre que les entités dans l'élaboration du signifié par l'interprète.



Figure 87 : Comparaison entre, à gauche, la disposition originale produite par l'étudiant (repris des enseignements pratiques de l'ESC, Payot, 1936) et, à droite, un photomontage des mêmes éléments de cette même image, mais disposés de manière chaotique. Le signifiant plastique produit par ces deux images partageant exactement les mêmes entités aboutit ainsi à des signifiés très différents.

#### 7.8.4 La désignation du détail révélateur

L'examen des détails révélateurs est ancré dans le mode d'accès et d'acquisition du savoir du paradigme indiciaire. Plus que tout autre type, la photographie judiciaire s'inscrit dans ce paradigme et relève donc particulièrement du détail révélateur à mettre en évidence. La mise en évidence des détails implique ainsi un pouvoir de désignation spécialement marqué. L'opérateur annote précisément et méthodiquement les détails, il désigne en permanence ses observations. Il résulte généralement de cette désignation une prise de position de l'opérateur quant aux détails désignés en termes de pertinence, de correspondance, de différence, ou encore d'argument.

Il faut remarquer que, dans le paradigme indiciaire, le détail parfois imperceptible ne fait pas forcément référence à des dimensions physiques petites, mais plutôt à une particularité qui caractérise l'ensemble, quelle que soit sa taille. De toute évidence, la loupe a souvent été associée au bon investigateur à l'image de Sherlock Holmes et la photographie judiciaire utilise couramment le fort agrandissement, la macroscopie voire la microscopie pour désigner les détails observés. Nous avons déjà pu montrer bon nombre d'exemples de ce type (Figures 77, 83, 91, etc.). Cependant tout détail ne nécessite pas forcément un fort agrandissement. Une composition chimique, une teinte, une formulation de phrase, une forme, une démarche sont autant de détails particuliers qui nécessitent bien entendu une observation attentive et curieuse, mais pas forcément une observation macro ou microscopique. La Figure 88 désigne l'usage d'au moins deux encres différentes dans l'établissement du document en question. Ces deux encres, indiscernables à la lumière visible, présentent des luminescences opposées sous la lumière infrarouge. La désignation du détail dans cette photographie porte, d'une part, sur cette différence de luminescence révélatrice de l'usage de deux encres différentes et, d'autre part, sur la détermination de quelles parties de texte respectives sont issues de ces deux encres.

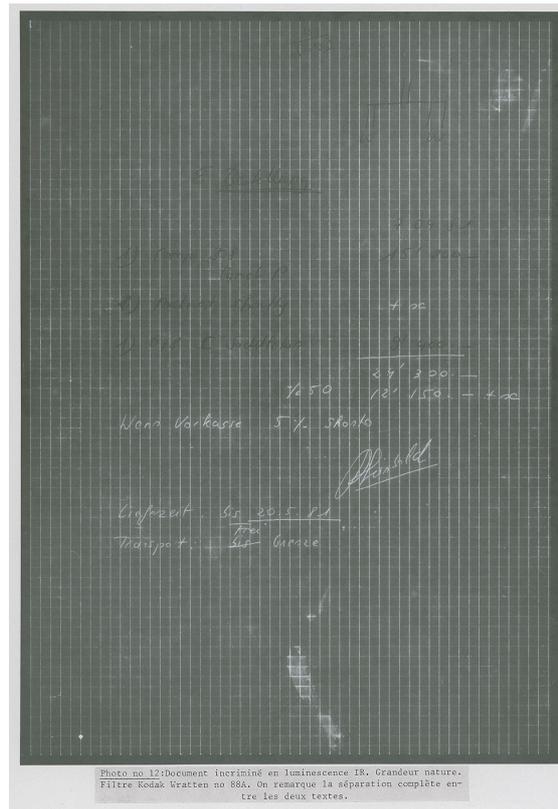


Figure 88: Photographie d'un examen en luminescence IR d'un document montrant l'utilisation d'au moins deux encres différentes dans le document (tirée de travaux d'étudiants de l'ESC, Ottinger, 1981).

### 7.8.5 La validation de l'examen ou de la méthode d'investigation

Nous avons déjà pu montrer que la photographie peut opérer comme objet d'intermédiation entre son référent et l'enquêteur s'offrant à l'examen de ce dernier. Cette situation couvre ce que nous avons appelé l'empreinte photographique du tenant lieu se situant dans une phase d'extraction. Complémentairement, la photographie peut aussi intervenir dans une phase d'exploitation de l'information référentielle et ainsi ne plus fonctionner comme tenant lieu permettant l'examen, mais attestant de l'examen d'investigation déjà mené.

La problématique de l'empreinte d'instanciation qui repose sur la question de l'examen peut ainsi intervenir dans trois contextes hiérarchiques principaux :

- L'empreinte d'instanciation est première : la photographie est le résultat de l'examen préalable d'un opérateur et désigne ce résultat. Ce cas de figure correspond, par exemple, à la situation de la Figure 83 à propos de l'examen des clés copiées : l'opérateur réalise son examen et enregistre une photographie attestant du résultat de cet examen.
- L'empreinte d'instanciation est seconde et authentique : la photographie est utilisée comme un tenant-lieu d'extraction adéquat du référent s'offrant à l'examen. L'examen est externe et postérieur à l'extraction photographique. Le signe est authentique dans le sens où la photographie qui s'offre à l'examen a elle-même le statut d'empreinte du tenant-lieu adéquat pour cet examen. Ce sera notamment le cas de toutes les photographies de traces papillaires qui servent de support à l'examen d'identification de ce type de trace.

- L'empreinte d'instanciation est seconde et dégénérée : la photographie est aussi utilisée comme support s'offrant à un examen externe et postérieur, mais elle est dite dégénérée, car la photographie fonctionnant comme support à l'examen n'a pas le statut d'empreinte du tenant-lieu. Cette situation correspond au cas de figure où des photographies de témoins, de caméra de surveillance (CCTV), etc. sont utilisées comme support à l'examen.

Que la photographie soit antérieure (secondaire) ou traitant de l'examen (primaire), certains signes devront indiquer que l'entité a été examinée premièrement en profondeur et deuxièmement selon une méthodologie « validée ».

### La profondeur de l'examen

La considération d'empreinte d'instanciation, ou plus précisément l'investigation scientifique conditionnant cette considération comme empreinte ne peut pas être réalisée avec des signes suggérant qu'un examen sérieux ne pourra pas être réalisé à partir de l'image en question ou que l'examen déjà effectué n'est que préliminaire, sommaire ou imprécis.

Au-delà des aspects protocolaires de la photographie signalétique déjà évoqués et qui participent évidemment à la considération de l'empreinte, le résultat photographique y joue aussi un grand rôle. La Figure 89 illustre la différence des signes plastiques entre les portraits de prisonniers avant le système anthropométrique de Bertillon et après. Alors que les deux portraits de gauche pourraient être des portraits tout à fait communs qu'on pourrait retrouver dans les archives familiales, le portrait signalétique de droite possède des signes plastiques forts et directement reconnaissables dont certaines connotations portent sur l'examen scientifique : « cette image offre la possibilité d'être examinée de manière approfondie à des fins de reconnaissance ou d'identification ». Ces connotations sont absentes des deux images de gauche. Ainsi, même si la photographie signalétique correspond à une empreinte d'extraction de l'information référentielle, sa plastique particulière est telle qu'elle connote fortement, par anticipation, l'examen minutieux qui pourra en être fait en vue d'une reconnaissance. Si un examen devait être effectué sur ces images, cet examen opèrerait dans deux contextes différents : pour les deux images de gauche, il agirait dans le contexte d'empreinte d'instanciation seconde dégénérée alors que, pour la photographie signalétique de droite, il fonctionnerait dans un contexte d'empreinte d'instanciation seconde authentique.

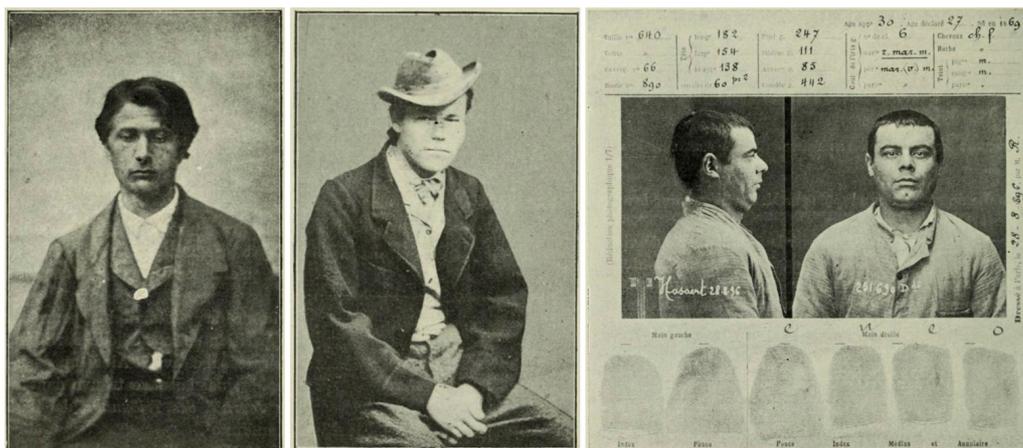


Figure 89 : Portraits signalétiques à deux époques différentes. Les deux images de gauche (établies à Lausanne entre 1860 à 1868) sont antérieures au système Bertillon alors que celle de droite suit le protocole que ce dernier a mis en place, intégrée dans une fiche signalétique (Reiss, 1903a: 10, 12 et 188).

En considérant la Figure 90 d’une photographie correspondant cette fois à une empreinte d’instanciation, celle-ci atteste de l’examen préalablement réalisé par un opérateur. Cette photographie montre le résultat d’un examen optique et physique d’assemblage de reconstruction d’un passeport déchiré. Cependant, cette photographie ne montre pas seulement et simplement le résultat de l’examen, elle atteste aussi du soin et de la rigueur avec laquelle l’opérateur a réalisé cet examen. Ceux-ci sont évidents pour l’interprète grâce aux connotations des signes plastiques. Il est important de remarquer une nouvelle fois la complémentarité communicationnelle entre la considération du résultat et la genèse de ce résultat. Cette complémentarité entre résultat et genèse se retrouve donc à plusieurs niveaux : au niveau référentiel avec la considération de la photographie comme indiciaire et au niveau de l’instanciation avec la considération des résultats aussi bien que de la méthode pour y parvenir.



Figure 90: Reconstruction par assemblage d’un passeport déchiré (Reiss, 1907 source : université de Lausanne, UNIRIS).

Ces connotations d’observation minutieuse et approfondie lors de l’examen se retrouvent bien entendu aussi dans les annotations effectuées *a posteriori* sur les tenants-lieu d’extraction pour désigner des marques particulières comme dans les images de la Figure 91. Ces annotations ont une double fonction sémiotique :

- L’une centrée sur l’examen opérant premièrement comme enregistrement mémoriel de cet examen pour l’examineur ; deuxièmement comme structuration discrétisée en marques spécifiques (ou configurations de marques) permettant l’interprétation ; et troisièmement comme signifiants pour l’évaluation de cette interprétation. Dans cette optique, les annotations s’apparentent au cahier de laboratoire pour l’expert. Ici, c’est la position, le nombre, l’exhaustivité, le type, etc. qui sont les éléments essentiels de ces annotations pour remplir leur fonction.

- L'autre tournée vers l'argument destiné à un autre interprète pour le convaincre de la véracité de l'énoncé. Cette fonction opère cette fois non plus du côté des notes internes, mais du côté du rapport externe. Dans cette optique, la clarté et la plasticité de ces annotations sont de première importance pour remplir leur fonction communicationnelle d'argument : elles sont là pour convaincre un interprète de la validité de l'interprétation et du fait que l'examen a été mené avec la rigueur attendue.

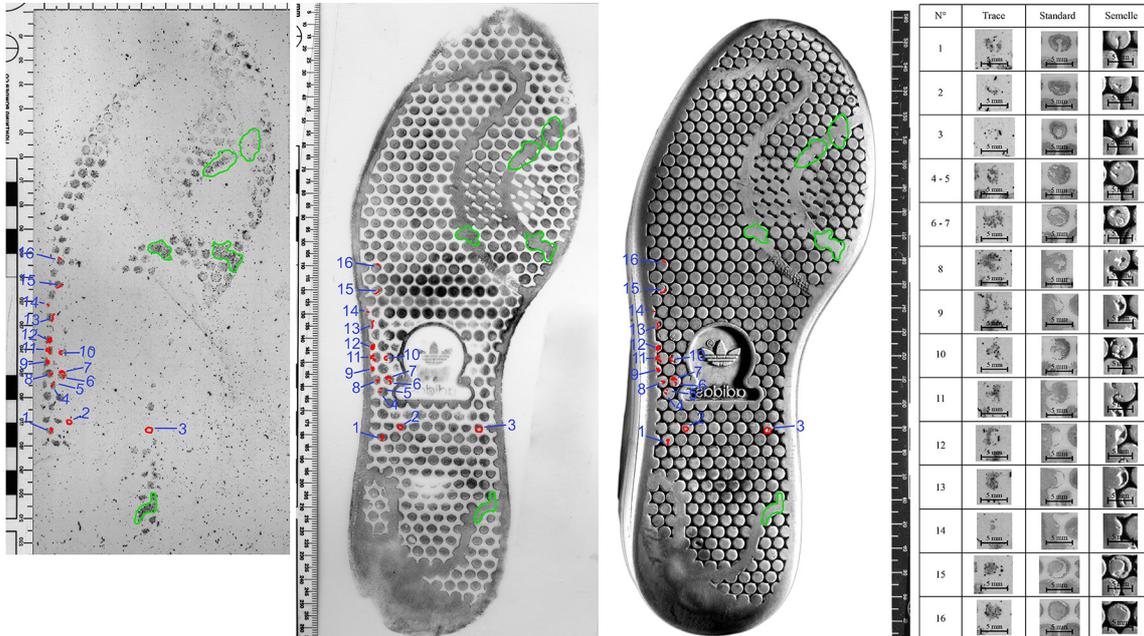


Figure 91 : triptyque de comparaison d'une trace de semelle (à gauche) avec une semelle (à droite) et son encre (au centre). Un tableau d'agrandissements de chaque détail d'intérêt observé est aussi proposé (à droite) (photographies tirées d'un travail d'étudiant de l'ESC en 2008).

### La validation de la méthode d'examen

La profondeur et la rigueur avec lesquelles a été mené l'examen ne suffisent cependant pas forcément dans le domaine judiciaire. Celui-ci nécessite aussi une forme de reconnaissance, de validation scientifique ou juridique par une communauté compétente pour pouvoir fonctionner comme empreinte.

C'est n'est qu'avec Bertillon que le *“ problème de l'identité n'a commencé à recevoir des solutions scientifiques ”* (Locard, 1932: 11). Le processus de validation scientifique se déroule selon les mêmes schémas d'expériences hypothético-déductives que la méthode scientifique qui permet de définir les règles de fonctionnement des traces et de leur interprétation. La construction du système anthropométrique de Bertillon repose sur des études et expériences de fréquences d'apparition de ces mesures dans la population. Ces études de fréquences lui ont permis de construire adéquatement les classes de son système et de pouvoir estimer la rareté d'une configuration spécifique en vue d'une individualisation.

*“ L'emploi de l'anthropométrie comme procédé d'identification repose sur les trois données suivantes que l'expérience de ces dix dernières années a rendues indiscutables, savoir :*

- 1° *La fixité à peu près absolue de l'ossature humaine à partir de la vingtième année d'âge [...]*

- 2° *La diversité extrême de dimension que présente le squelette humain comparé d’un sujet à un autre [...]*
- 3° *La facilité et la précision relatives avec lesquelles certaines dimensions du squelette sont susceptibles d’être mesurées [...]* ” (Bertillon, 1893a: XVI).

L’enjeu principal dans l’optique de la validation repose sur le terme « *indiscutable* » que propose Bertillon. Ce terme indiscutable, très fort – et qui serait probablement très discuté actuellement –, repose forcément sur un socle solide de validation scientifique de la fixité dans le temps de l’ossature (la mesure reste valide dans le temps), des expériences montrant les fréquences de la diversité de ces mesures et leur fiabilité.

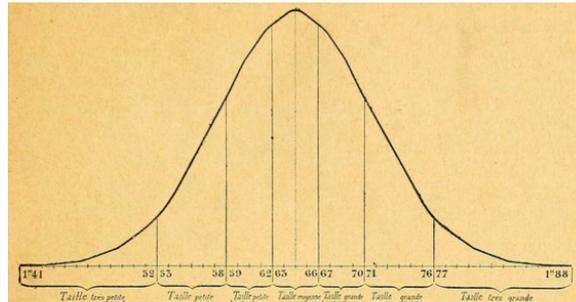


Fig. 4. — COURBE BINOMIALE DE LA TAILLE sur laquelle on a séparé par des verticales l’emplacement des sept catégories de taille.

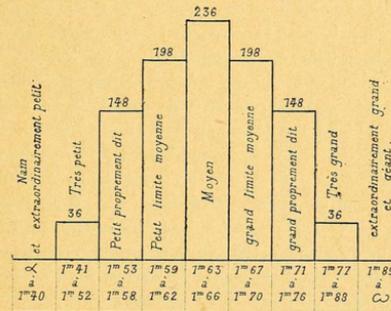


Fig. 5. — DIAGRAMME DE LA TAILLE indiquant par la hauteur proportionnelle des colonnes le nombre des sujets ressortissant à chacune des sept catégories de taille indiquées sur la courbe binomiale (Fig. 4).

Figure 92 : Études statistiques de la répartition de la population dans les différentes catégories de mesures anthropométriques (Bertillon, 1893a: XLI).

La question de la validation de l’examen possède deux fonctions principales :

- Premièrement, en lien avec la recherche appliquée, elle a pour but de garantir, ou d’apporter suffisamment de garanties, par une compréhension suffisante du fonctionnement et de la genèse des signifiants du signe, que ceux-ci sont véritablement et effectivement en rapport avec les signifiés qui en découlent pour l’interprète. Il est donc question de valider l’interprétation qui est faite des signes. Il s’agit, par exemple, de déterminer et de valider, par des recherches, le fait que la configuration des minuties observées sur une trace papillaire est véritablement particulière à chaque individu, que certaines stries retrouvées sur des projectiles permettent potentiellement d’individualiser l’arme qui a tiré ce projectile, que l’épanchement d’encre lors d’une superposition de traits indique l’ordre de superposition, qu’une perle de fusion observée sur un filament d’ampoule cassée soit le signe que l’ampoule s’est cassée alors qu’elle était allumée, etc. La Figure 93 présente des photographies d’examen d’ampoules. Il est nécessaire que le raisonnement interprétatif se base sur une casuistique inductive suffisante pour qu’il y ait une validation de

l'interprétation des signifiants observés: sur l'image de gauche, “ le filament présente une irisation allant du bleu sombre jusqu'au jaune en passant par le rouge et l'orangé : « effet arc-en-ciel ».[...] Cette faible oxydation est possible s'il y a une entrée d'air alors que le filament est chaud, mais non incandescent ” (Martin, 2010: 171). A droite, “ Des particules de verre de l'ampoule fondent au contact du filament incandescent et forment des perles ” (Martin, 2010: 171; Mathyer, 1975).

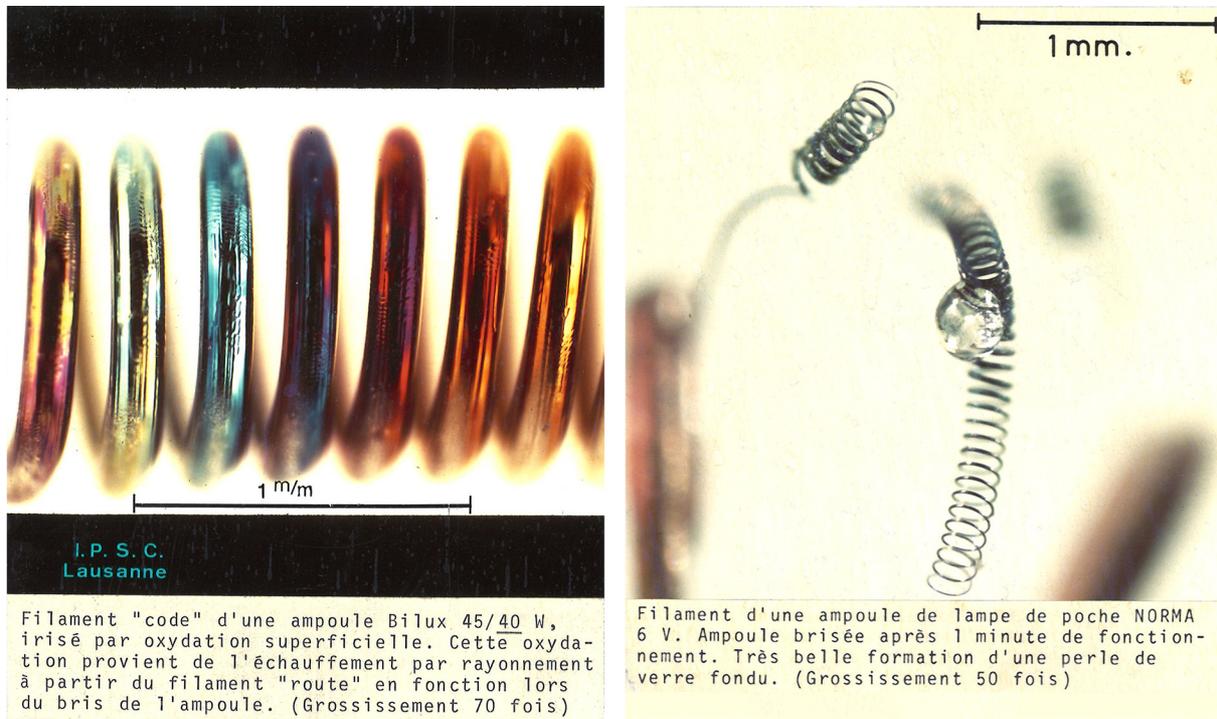


Figure 93 : Photographies d'examen d'ampoules. A gauche, le phénomène d'irisation et à droite la présence d'une perle de fusion de verre sur le filament. (Photographies de la collection de l'ESC, P. Vindayer, 1973).

- Deuxièmement, basée sur les résultats de ces recherches, elle porte aussi sur la définition des méthodes et procédures d'application des examens. C'est notamment dans cette optique que sont édictés des procédures ou des guides de bonnes pratiques ou les systèmes d'accréditation de qualité. Ces guides sont établis sur la base des recherches appliquées pour garantir notamment la fiabilité des analyses permettant de raisonner et d'interpréter les résultats avec une certaine confiance. Nous retrouvons ici l'importance du protocole que nous avons déjà évoqué, mais sous un angle un peu différent : à la fonction initiale d'optimisation de l'exploitation de l'information référentielle du protocole, s'ajoute désormais complémentaiement la fonction de la validation des méthodes utilisées et des interprétations qui en sont faites.

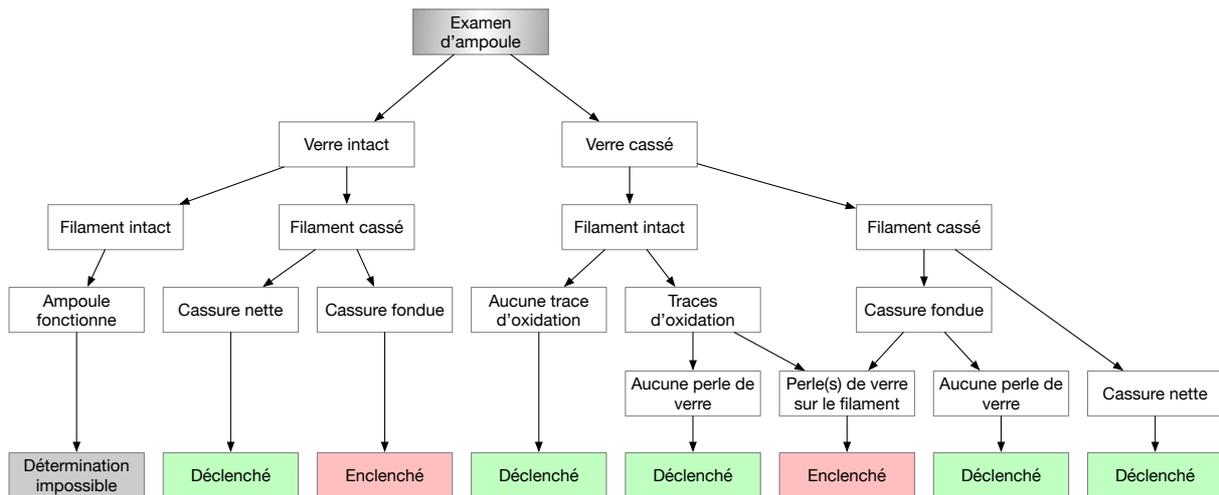


Figure 94 : Schéma interprétatif des résultats d'examen d'ampoules pour déterminer son état (enlanchée ou déclenchée) au moment de la cassure du filament ou de l'enveloppe en verre (repris et adapté du code harmonisé de procédure scientifique du Concordat des Polices cantonales de Suisse romande, de Berne et du Tessin (RBT, 2015b)).

### 7.8.6 La force de persuasion de l'argument criminalistique

Dans le contexte de l'investigation *scientifique*, nous avons abordé jusqu'ici les questions de l'empreinte du tenant-lieu d'extraction qui fait appel principalement à des compétences photographiques et celles de l'empreinte d'instanciation d'exploitation qui est au cœur de l'examen criminalistique. Ce dernier examen repose sur les cinq dimensions de savoirs définis plus haut. Dans le paradigme des trois chapitres de l'investigation proposé par Kind (1994), ces deux empreintes opèrent principalement dans le premier chapitre à savoir le problème de trouver.

Restent les chapitres II et III sur les problèmes d'évaluer et d'argumenter. Ces deux chapitres s'inscrivent selon nous plutôt dans le pôle de la force de persuasion de l'argument. Cette force de persuasion fait référence à l'empreinte argumentaire et donc plutôt au pôle des signifiés des signifiants indiciaires trouvés ou inventés en rapport avec un énoncé.

Ces deux problèmes d'évaluer et d'argumenter font référence d'une part à l'incertitude inhérente au raisonnement du paradigme indiciaire et à la gestion de cette incertitude et, d'autre part, à la production d'un argument *scientifique* pour convaincre un interprète.

Le premier est un acte d'évaluation fonctionnant en interne pour pondérer la véracité ou l'incertitude d'une interprétation à propos d'une mesure, d'une entité, d'un fait ou d'un énoncé. « *L'indice doit être interprété ; il doit l'être par un homme compétent* » (Locard, 1920: 26). L'incertitude inhérente au raisonnement du paradigme indiciaire impose cette compétence d'évaluation et d'interprétation.

Le second est un acte communicationnel tourné vers un interprète externe qui poursuit au moins deux fonctions essentielles : faire comprendre à l'interprète les conclusions interprétatives de l'examen et convaincre celui-ci du bien-fondé *scientifique* de ces conclusions. Ce nouvel acte communicationnel opère dans la stratégie communicationnelle de la présentation et du discours qui relève en grande partie de la rhétorique.

Nous présentons ici de manière schématique le fait que l'évaluation de l'interprétation intervient temporellement ou séquentiellement après le problème d'avoir trouvé comme si cette étape marquait une frontière claire. Cependant, la gestion qualitative de l'incertitude inhérente au paradigme indiciaire

intervient à chaque cycle interprétatif du signe triadique et, potentiellement, cette incertitude peut être évaluée *a posteriori* plus quantitativement pour chacun des cycles. Typiquement, la considération qualitative d'une photographie comme signe indiciaire représente un des premiers cycles interprétatifs. Or, cette considération est déjà incertaine et pourrait être évaluée quantitativement. « *Quelle est la probabilité que l'image du monstre du Loch Ness de la Figure 95 soit une photographie ?* » Admettre l'image comme étant une photographie c'est admettre le *ça-a-été* de ce que l'on y voit.



Figure 95 : Reproduction d'une "Photographie" de Nessie publiée dans le journal Daily Mail le 21 avril 1934 (repris de Radford, 2015).

Cette question d'évaluation est rendue évidente dans ce cas où le contenu de l'image est étonnant et ajoute un doute immédiat dans la prise en compte de l'image comme photographie, mais cette question d'incertitude se pose en réalité à toute photographie, parfois de manière sous-jacente.

De plus, l'argument photographique peut être utilisé pour attester aussi bien d'une certitude que d'une incertitude. L'essentiel n'est pas forcément dans la certitude, il est dans l'adéquation de l'argument photographique avec l'évaluation de l'interprétation qu'il atteste. La Figure 96 illustre la problématique d'un problème d'adéquation entre l'incertitude véhiculée par la qualité photographique de l'oreille indiciaire et la certitude de l'interprétation qui semble en être faite avec la correspondance désignée entre le suspect de gauche et l'oreille indiciaire du centre. Ce problème d'adéquation ou de cohérence empêche indéniablement la considération comme empreinte argumentaire.

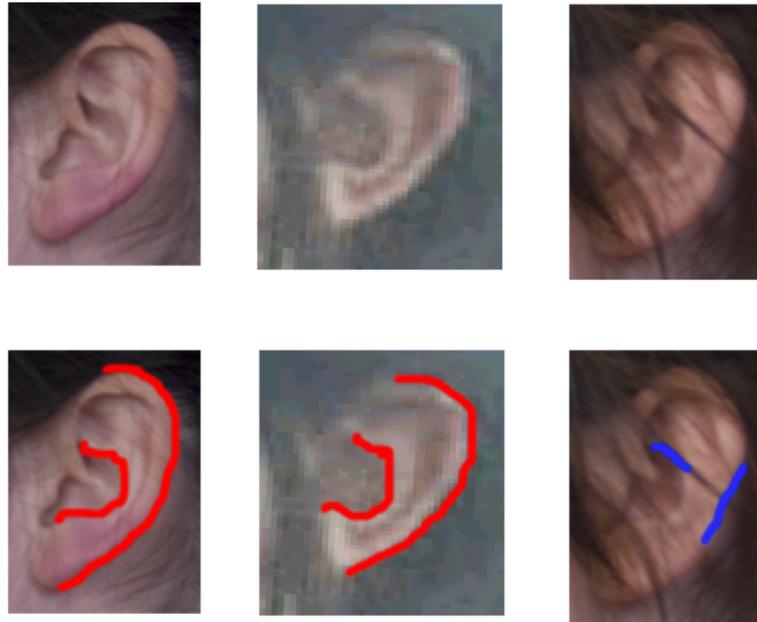


Figure 96: Comparaison qualitative de la forme d'oreilles indiciaires (au centre) face à deux suspects différents à gauche et à droite. En rouge, les concordances et en bleu, les discordances (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2011).

### Le problème d'évaluer

Nous retrouvons dans l'évaluation la problématique soulevée par Ginzburg sur la justification scientifique quantitative *a posteriori* du raisonnement indiciaire fonctionnant essentiellement de manière qualitative (Ginzburg, 1980: 21). Certains interprètes se disent : *l'image montrant le monstre du Loch Ness n'est pas une photographie et cette image n'atteste pas de l'existence du monstre* ; d'autres sont dans l'incertitude ; alors que les derniers considèrent : *le monstre existe vraiment, cette photographie l'atteste !* Cette manière de raisonner est principalement qualitative et est de l'ordre de la priméité. A ce raisonnement qualitatif primaire, certains interprètes peuvent réaliser une reconstruction évaluative plus quantitative *a posteriori* de ce raisonnement primaire : *quelle est la probabilité que l'image soit une photographie ? Et si cette image est réellement une photographie, quelle est la probabilité qu'il s'agisse bien du monstre du Loch Ness et pas autre chose ?* Cette reconstruction évaluative est de l'ordre de la secondéité : elle se base sur des données qualitatives, quantitatives ou semi-quantitatives réelles. Enfin, la reconstruction évaluative peut aussi être de l'ordre de la tiercéité si elle est établie par une convention ou une règle.

Le processus d'investigation judiciaire, probablement plus que d'autres raisonnements du paradigme indiciaire, requiert soit une forme de reconstruction évaluative *a posteriori* de l'interprétation du signe (secondéité) soit une forme de justification conventionnelle par une règle ou une loi (tiercéité).

La reconstruction évaluative secondaire est indiciaire : elle se base sur des données qualitatives, quantitatives, semi-quantitatives réelles. La reconstruction conventionnelle troisième est symbolique. L'évaluation indiciaire ou symbolique est nécessaire pour la considération par l'interprète du statut d'empreinte au signe argumentaire produit par l'opérateur-enquêteur.

L'objectif n'est pas de discuter ici du bien-fondé scientifique d'une méthode d'évaluation par rapport aux autres, mais d'en étudier les caractéristiques principales de fonctionnement en lien avec la photographie dans la construction de l'empreinte argumentaire.

### L'évaluation quantitative fondée sur des données qualitatives (secondéité)

Les aspects qualitatifs jouent non seulement un rôle dans le processus interprétatif primaire des signifiants, mais aussi dans l'évaluation secondaire de la véracité de cette interprétation. En effet, déjà dans la règle tripartite de Locard (1914: 45) la qualité des minuties joue un rôle dans l'évaluation de la valeur de celles-ci : « *Quelques lignes bien nettes, offrant une belle série de pores géminés, ou anormalement groupés, me paraissent un argument sans réplique* » (Locard, 1914: 45). La photographie a pour objectif d'attester de ces qualités permettant d'assurer la validité de l'interprétation. La méthode qualitative repose sur une casuistique concrète adaptée et suffisante permettant de fonder cette évaluation. Comme exemple de canevas décisionnel qualitatif, nous pouvons reprendre celui de la Figure 94 concernant les examens d'ampoules et issu d'expériences réelles qui ont permis d'établir ce schéma décisionnel.

Dans le processus d'évaluation, la photographie peut servir à attester une certitude comme dans le cas de la stratégie de la démonstration, mais aussi une incertitude. Nous avons déjà parlé de la preuve par assemblage comme exemple de stratégie communicationnelle de la démonstration. Cependant, tous les assemblages ne se valent pas en termes d'évaluation et ne fonctionnent pas systématiquement tous comme démonstration. Un assemblage de deux morceaux de papier déchirés ou découpés de manière rectiligne par la moitié est bien moins démonstratif qu'un assemblage de deux morceaux qui ont été déchirés de manière très irrégulière. De même, un assemblage réalisé par correspondance des couleurs d'interférences sous un éclairage en double polarisation comme dans la Figure 97 montre qualitativement moins de certitudes à l'interprète et d'autant moins que ce type de photographies ne s'offre pas facilement à une lecture habituelle qu'un assemblage classique.



Figure 97: Photographie en double polarisation d'un assemblage de couleurs interférentielles de deux morceaux de plastique biréfringent. L'évaluation de la confiance en cet assemblage est plutôt qualitative bien que certains éléments quantitatifs puissent entrer en ligne de compte comme le nombre de couleurs différentes concordantes (photographie d'étudiant issue des travaux pratiques de photographie de l'ESC, 2018).

### L'évaluation quantitative ou semi-quantitative (secondarité)

L'évaluation quantitative ou semi-quantitative est associée à la stratégie communicationnelle de la quantification ou de la distribution quantitative lorsque celle-ci implique un ordonnancement ou une comparaison des quantités. L'évaluation de l'interprétation est plus ou moins directement liée à la quantité de signifiants concordants avec l'interprétation qui en est faite. La photographie atteste aussi bien des signifiants que de leur quantité.

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation quantitative ou semi-quantitative qui deviennent des signes d'un degré plus ou moins fort de certitude ou d'incertitude. En cas d'incertitude, elles permettent de mesurer le « poids » ou la « valeur » de vraisemblance à assigner à l'interprétation du signe considéré. Ces méthodes vont généralement s'adapter en fonction du type de trace, d'objet du signe ou d'énoncé considéré. L'évaluation quantitative peut aussi bien se formuler en termes de décision (le projectile a été tiré par cette arme), d'incertitudes sur une mesure (la hauteur d'une personne sur une vidéo de caméra de surveillance est estimée à  $1.80\text{m} \pm 4\text{cm}$ ), d'une probabilité (la probabilité que ce projectile ait été tiré par cette arme est de 0.93), d'une valeur d'un indicateur de vraisemblance d'un énoncé (la proposition que les résultats des analyses sur le projectile correspondent à un tir par cette arme est 13 fois supérieure à la proposition que ces résultats s'expliquent par le fait qu'il a été tiré par une autre arme), etc.

Nous avons défini dans un chapitre précédent que ces méthodes se regroupent en trois grandes classes : les méthodes discrètes (par seuils décisionnels), les méthodes continues et les méthodes hybrides qui combinent les deux. Dans la construction de l'empreinte, ce n'est pas forcément la méthode utilisée qui importe le plus, mais comment cette méthode est appliquée et si elle rentre dans une logique adéquate.

Les relations de ces différentes méthodes à la photographie et à la stratégie communicationnelle de la quantification qui en découle peuvent être plus ou moins directes.

- Certaines ont une correspondance immédiate entre le nombre de signifiants et l'évaluation quantitative de l'interprétation qui en est faite : 12 minuties concordantes sur une trace papillaire valent plus que si on en avait trouvé 11. Ce type de méthodes quantitatives immédiates, couplé à une convention décisionnelle établie, permet la mise en place de la stratégie communicationnelle de la démonstration photographique comme dans la Figure 73 pour une trace papillaire. Dans la comparaison de projectile présentée dans la Figure 98 que nous avons déjà utilisée pour illustrer les différentes instanciations possibles d'une même image, une stratégie de quantification immédiate opèrerait de la manière suivante : plus il y a de stries correspondantes (traits rouges) par rapport à celles discordantes (traits bleus) plus l'évaluation de l'interprétation d'une correspondance entre les deux projectiles sera élevée. Le rapport entre le nombre de stries concordantes et l'évaluation est immédiat. Ainsi, l'instance 1 montre une plus grande correspondance entre les deux projectiles que l'instance 2, car davantage de concordances sont indiquées.

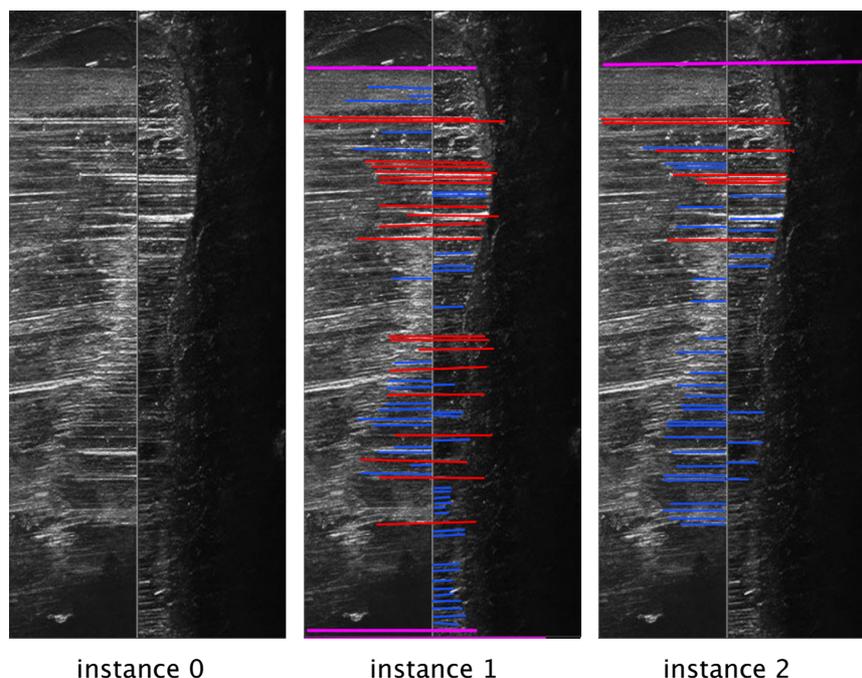


Figure 98: Deux instances 1 et 2 différentes d'une même photographie (instance 0) présentant les annotations de deux personnes différentes à partir de la même image de comparaison de projectile. En rouge sont indiquées les correspondances entre les deux projectiles (repris des enseignements pratiques de l'ESC, 2014)

- D'autres ont une correspondance médiate entre le nombre de signifiants et l'évaluation quantitative de l'interprétation qui en est faite. Un calcul, une évaluation externe à la photographie agissent comme intermédiaires. Ces méthodes médiate rendent explicite le traitement mathématique externe nécessaire à ces approches. La relation quantitative avec la photographie est indirecte, voire totalement absente : une configuration de 12 minuties d'une trace papillaire peut obtenir une valeur indicative d'évaluation plus basse qu'une configuration de 11 minuties statistiquement plus rare dans la population considérée et selon le traitement mathématique appliqué. Cette valeur devient un signe de l'évaluation de la vraisemblance de l'interprétation. Dans ces approches médiate, la photographie ne peut généralement plus fonctionner comme démonstration n'ayant plus de rapport quantitatif immédiat avec celle-ci : seul le résultat du calcul peut désormais fonctionner comme démonstration. Dans le même exemple, présenté dans la Figure 98, une approche médiate consisterait à lancer, sur la base des annotations produites, un calcul mathématique de détermination de la valeur de correspondance. L'indice de correspondance résultant de ce calcul, en fonction de son fonctionnement et des critères utilisés, peut aboutir à des valeurs qui ne sont pas forcément en adéquation avec l'évaluation quantitative immédiate. Dans une optique communicationnelle, le décalage entre la quantification immédiate de la photographie et celle médiate par un calcul ou une évaluation externe intermédiaire peut être néfaste à la construction de l'empreinte. Un interprète, à qui l'on présente les instances photographiques 1 et 2 de la Figure 98 en spécifiant que le calcul issu de l'instance 2 indique une probabilité de correspondance bien plus élevée que celui de l'instance 1, aura sans doute une certaine incompréhension par rapport au calcul effectué et à sa valeur d'empreinte.

### Les méthodes mélangeant le qualitatif et quantitatif (secondéité)

Certaines approches reposent sur un mélange de données qualitatives, quantitatives immédiates et médiates. La règle tripartite initiale de Locard en est un exemple. Elle s’appuie sur le raisonnement mathématique de Balthazard et mélange justement ces différents types de données qualitatives et quantitatives:

- 1° *Il y a plus de 12 points évidents ; l’empreinte est nette ; certitude indiscutable pour tous.*
- 2° *Il y a 8 à 12 points : cas limites ; la certitude est fonction : a) de la netteté de l’empreinte ; b) de la rareté de son type ; c) de la présence du centre de figure [...] ; d) de la présence des pores ; e) de la parfaite et évidente identité de largeur des crêtes et des sillons [...]. Dans ces cas, la certitude ne s’impose qu’après discussion du cas par un ou plusieurs spécialistes compétents et expérimentés.*
- 3° *Il y a peu de points : dans ce cas, l’empreinte ne fournit plus de certitudes, mais seulement des probabilités, en quantité proportionnelle au nombre des points et à leur netteté » (Locard, 1914: 45).*

Dans l’exemple de la Figure 98 de comparaison de projectiles dans l’optique de déterminer s’ils ont été tirés par la même arme, ce même type d’approche peut aussi s’appliquer. En effet, certaines microstries, de par leurs qualités particulières de profondeur ou de largeurs, peuvent être considérées comme ayant davantage de valeur interprétative que d’autres, plus fines et moins profondes. Ainsi, au nombre de concordances s’ajoute la qualité de ces concordances par rapport aux stries discordantes dans l’évaluation interprétative de l’énoncé.

### La justification conventionnelle (tiercéité)

La justification conventionnelle est simplement donnée par une règle institutionnellement établie. Ce genre de justification n’amène généralement à aucune quantification interprétative si ce n’est celle de justifier l’attestation de la certitude. C’était le cas de *la règle des 12 points* de correspondance qui attestait avec certitude de l’individualisation d’une trace papillaire jusqu’à son abolition. Bien que basé à l’origine sur certains travaux statistiques (Locard, 1914: 45; Balthazard, 1911: 107-114), le nombre de points nécessaires pour cette attestation a fini par être essentiellement conventionnel et ce nombre pouvait largement varier d’un pays à l’autre : 8 pour certains comme l’Allemagne ou la Suisse et jusqu’à 17 pour l’Italie (Champod, Margot, et al., 2016: 107).

Les photographies de mesures radar de contrôle de vitesse sont un autre exemple de justifications conventionnelles. La fiabilité de l’exactitude de l’appareil de mesure est donnée par des protocoles de calibration. Les marges de sécurité qui doivent être déduites de ces mesures sont fixées conventionnellement dans des ordonnances ou dans des textes légaux (OFROU, 2008). Enfin, des photographies sont réalisées pour individualiser la voiture, mesurée par une lecture automatique de la plaque d’immatriculation, identifier éventuellement le conducteur et permettre l’identification de la marque et du modèle du véhicule. En effet, une photographie comme coupe instantanée ne peut pas attester elle-même de la vitesse du véhicule. Cette photographie, en intégrant aussi automatiquement toutes les métadonnées issues du radar, est utilisée comme empreinte communicationnelle qui, par convention, prouve avec certitude aussi bien l’infraction mesurée par le radar que le véhicule incriminé pris en flagrant délit. Cependant, ce regroupement d’informations issues de deux dispositifs différents sur un seul peut parfois engendrer une certaine confusion communicationnelle comme le montre l’article de presse de la Figure 99.

## Les images des radars peuvent mentir, c'est prouvé

**CIRCULATION** Ce n'est pas l'image qui compte, mais la mesure. Un avocat se bat depuis deux ans contre une pratique dont il est lui-même victime et qu'il estime intolérable. Nouvel épisode mardi devant le Tribunal de Police à Vevey.



C'est un autre véhicule que celui de l'accusé qui apparaît sur la première photo.  
Image: Police cantonale

Figure 99 : capture d'un extrait d'un article sur le site du journal 24h du 01.09.2015 rapportant une incompréhension due au regroupement des informations entre les mesures du radar démontrant un excès de vitesse sur la voie 2 et l'information visuelle de la photographie montrant une autre voiture au premier plan sur la voie 1 cachant celle incriminée derrière (Bécherraz, 2015).

### La logique argumentaire

Le problème d'argumenter correspond, comme la photographie, à un véritable acte communicationnel qui aboutit à la création d'un nouveau signe. Plus précisément, ce nouveau signe est un légisigne qui tient lieu, pour un interprète externe, des signifiants et leurs signifiés respectifs qui précèdent. C'est dans l'élaboration de ce signe final que tous les fondements de l'empreinte se matérialisent : à quoi bon attester de la rigueur, de la profondeur et de la validité de l'examen, de l'impartialité de la démarche et du point de vue, etc. si ces derniers ne deviennent pas à leur tour signes de l'empreinte argumentaire pour un interprète externe ?

Comme dans tout discours argumentaire, les arguments peuvent être multiples, hétérogènes, avoir des contre-arguments et certains arguments peuvent être plus convaincants que d'autres. Ainsi, la première phase de la logique argumentaire consiste à trier et organiser les arguments et la seconde à élaborer une argumentation globale qui tient compte de l'ensemble de ces arguments triés et organisés.

Tout comme l'empreinte d'instanciation évaluative, l'empreinte argumentaire judiciaire du criminaliste est un vaste domaine qui ne peut être couvert dans le cadre de ce travail, tant il peut être sujet d'études entièrement dédiées. Nous nous limiterons donc à évoquer le rôle et les impacts de la photographie dans l'élaboration de cet argument.

### La structuration argumentaire

Comme tout signe, le légisigne argumentaire, tenant-lieu de l'investigation criminalistique, des examens et de leurs résultats, n'est pas l'investigation ou l'examen lui-même : il s'agit forcément d'une transformation de quelque chose dont il est le tenant-lieu. Cette transformation s'accompagne généralement d'une simplification.

Cette transformation est encore renforcée par le fait que le contexte et la nature liés au problème d’argumenter n’est pas le même que celui de trouver d’où les signes précédents sont initialement issus. Le problème d’argumenter se place principalement au niveau du contexte du tribunal alors que le problème de trouver se situe au niveau du contexte de l’enquête. Tous les éléments utiles pour « trouver » ne sont pas forcément les mêmes que pour « argumenter » à propos d’un énoncé qui évolue lui aussi au fur et à mesure des cycles sémiotiques triadiques. La traque du pédophile Vico en octobre 2007 illustre cette différence de problématique et de contexte. Les images postées par le pédophile vers 2002 à 2003 ont été traitées par des experts allemands pour pouvoir « déflouter » le visage et en produire un signalement diffusé par Interpol en 2007 (Pierron, 2007). Ce signalement, inédit, car reconstruit par traitements numériques, a permis l’arrestation en quelques jours seulement d’un ressortissant canadien reconnu par la population à partir des images du signalement.

Ces images ont eu une utilité indéniable dans le contexte de l’enquête lié au problème de trouver : elles ont permis d’appréhender un suspect très rapidement. L’enjeu consiste ici à produire un signalement suffisamment fiable pour trouver des suspects potentiels. Dans le contexte d’argumentation du tribunal, la question d’intérêt est tout autre : il s’agit désormais non plus d’un signalement, mais d’un problème d’individualisation : est-ce que la personne sur les images est l’individu arrêté ? Même si ces images, traitées au niveau du visage, ont été jugées suffisamment adéquates pour en produire et publier un signalement – question qui a fait débat à l’époque de ce signalement (Pierron, 2007) – elles ne le sont pas forcément pour attester ou argumenter de l’identité individuelle de la personne dans le contexte du tribunal.

Par contre, une fois le suspect arrêté, il est évident que de nouvelles opportunités s’offrent aux enquêteurs pour trouver d’autres éléments de preuve durant l’enquête. Ce sont probablement ces nouveaux éléments qui ont été utilisés au tribunal pour structurer les éléments de preuve pour argumenter la culpabilité du suspect. Parmi ces nouveaux éléments de preuves, il se peut que d’autres détails sur le corps de la personne photographiée qui correspondent au suspect (tatouages, cicatrices, etc.) directement visibles sur certaines des photographies aient pu être utilisés comme argument fort d’individualisation.



Figure 100 : A gauche l’image à caractère pédophile publiée sur Internet par l’auteur et à droite l’image "défloutée" du visage permettant son signalement et qui aboutit à l’arrestation d’un suspect quelques jours plus tard (Image diffusée par Interpol reprise de l’article du Journal du Dimanche: Pierron, 2007).

Ainsi, les photographies produites ou utilisées dans les chapitres précédents de l’investigation ne serviront pas toutes dans l’argumentation finale. Seules les plus convaincantes seront gardées. Ce tri et cette structuration ne s’effectuent pas forcément *a posteriori*, mais peuvent intervenir tout au long du processus. En effet, parmi toutes les photographies d’une entité, seule celle présentant la meilleure

visibilité des traces sera utilisée pour exploiter les traces en question. Il y a donc déjà un tri qui s'effectue régulièrement tout au long des chapitres liés aux problèmes de trouver et d'évaluer. Dans le même ordre d'idées, par simplification, tous les éléments et arguments ne seront pas forcément utilisés non plus dans l'argumentation finale.

### La production de l'argument

L'élaboration de l'argument, qu'il se présente sous la forme d'un rapport d'expertise accompagné d'un cahier photographique, de résultats photographiques d'examen évalués, d'un témoignage basé sur un support imagé, etc. consiste en un acte sémiotique élaboré à partir des éléments retenus de l'investigation. Cet acte, pour être considéré comme empreinte argumentaire authentique, doit pouvoir s'appuyer sur le statut établi d'empreinte d'instanciation qui le précède. Tourné vers le passé, le statut d'empreinte se construit de manière itérative au fur et à mesure des cycles interprétatifs en considérant et en s'appuyant en permanence sur les cycles qui précèdent. Tourné vers le futur, le statut d'empreinte du tenant-lieu est construit conventionnellement pour servir, par anticipation, à la considération du statut de l'empreinte d'instanciation construite elle-même pour servir au cycle suivant de l'empreinte argumentaire. La considération de l'empreinte argumentaire repose donc essentiellement sur les mêmes éléments déjà décrits du fait de cette construction itérative.

Nous avons déjà pu signaler que dès le moment où le résultat photographique transcende la perception habituelle humaine, sa lecture peut requérir certaines compétences spécifiques. Ces compétences sont d'autant plus nécessaires que la photographie instancie le résultat d'un examen « scientifique ». Tel est ici l'enjeu communicationnel de l'empreinte argumentaire : elle doit être comprise par un interprète n'ayant pas forcément les compétences requises pour en apprécier l'ensemble des détails et des fondements. *“ Il est certain que l'expertise entrera de plus en plus dans les mœurs judiciaires ; mais ses conclusions resteront discutables. Seulement le juge devra désormais être capable de comprendre les techniques employées et d'en apprécier les résultats, sans quoi son intime conviction ne sera faite que d'une aveugle confiance dans l'expert ”* (Locard, 1920: 26). La problématique de l'argument forensique que soulève Locard est vaste et s'appuie sur des habitudes culturelles et institutionnelles dont les racines sont très profondes.

Est-ce au juge d'être capable de comprendre les techniques employées ? A-t-il vraiment besoin de cette compréhension pour en apprécier les résultats ? Est-ce à l'expert de simplifier ou démocratiser ses savoirs pour transmettre un argument compréhensible pour tout interprète ? Cette simplification n'entraînerait-elle pas un problème de perception et de nivellement : la problématique est finalement si simple, compréhensible par tout un chacun, qu'elle ne nécessite pas vraiment un expert ayant des compétences et des savoirs « scientifiques » importants. Ou alors, plutôt que la simplification, est-ce que l'enjeu ne se place pas au niveau d'un modèle éducatif ? (Allen, 1994: 1162) L'étude systématique de l'évolution historique des stratégies communicationnelles principales employées dans les rapports d'expertises, qu'elles soient photographiques ou textuelles, représenterait un apport substantiel dans la compréhension de ces enjeux communicationnels que nous ne pouvons pas couvrir dans ce travail.

Cependant, l'argument étant un nouveau signe, il entre dans un nouveau processus sémiotique circulatoire. Nous avons déjà pu montrer que pour qu'il y ait un processus sémiotique circulatoire entre le contexte d'émission et celui de réception, il faut que l'émetteur élabore le signifiant à transmettre au récepteur en anticipant certaines règles de réception en vue d'un signifié déterminé. Au récepteur de connaître et de suivre les règles de réception anticipées par l'émetteur pour en déterminer les signifiés correspondants.

La photographie, dans son optique argumentaire, peut s'appuyer sur l'ensemble des quatre règles constitutives et des nombreuses stratégies communicationnelles normatives que nous avons déjà pu

décrire. Il nous apparaît cependant que l’objectif communicationnel principal dans l’établissement de l’argument et de sa réception dans ce processus circulatoire n’est pas toujours forcément explicite et oscille en permanence entre signe soutenant l’évaluation de l’interprétation et signe justifiant le travail effectué par l’expert. Ainsi, au moins trois postures peuvent intervenir dans l’établissement de l’argument photographique et sa réception : (1) la photographie n’est là que pour argumenter à propos des conclusions interprétatives de l’expert, (2) à l’inverse, elle n’apporte qu’une justification du travail et de la méthodologie appliquée ou (3) un équilibre entre les deux aspects argumentaires.

- (1) Dans l’optique de l’argument pur, une démonstration photographique que deux projectiles ont été tirés par la même arme peut se faire sur une seule impression de champ, ou zone, particulièrement démonstrative quant aux correspondances de microstries, qui appuie fortement la conclusion de correspondance de l’expert sans considérer les autres impressions de champ.
- (2) Dans l’optique de la justification pure, il serait nécessaire de présenter l’ensemble des impressions de champ, aussi bien celles démonstratives que les autres, moins démonstratives, pour attester de l’application de la méthodologie. La force argumentaire de la photographie devient dès lors beaucoup moins forte, la correspondance pouvant fortement varier d’une impression de champ à l’autre même si cette variation peut tout à fait être expliquée ou décrite par expérimentation. Certains pourraient voir dans cette approche une objectivation nécessaire de l’examen par rapport au premier cas de figure. Il faut selon nous différencier impartialité dans la démarche d’analyse avec neutralité dans la décision : la première consiste à aborder la problématique sans *a priori* alors que la seconde consiste à annuler presque toute analyse de l’expert et à niveler vers le bas les compétences nécessaires.
- (3) Un équilibre entre les deux optiques montrerait une démonstration particulièrement forte tout en signalant, par transparence justifiée, que d’autres impressions de champ moins démonstratives ont été considérées dans l’évaluation de cet argument.

Le glissement entre les trois situations opère selon nous en fonction de la force du statut de l’empreinte dans le processus sémiotique circulatoire. Un statut d’empreinte fort annule toute indétermination ou doute sur l’argument : aucune justification n’est nécessaire étant donné que celle-ci est comprise et assurée conventionnellement par le statut de l’empreinte aussi bien dans le contexte d’émission que dans celui de réception. Moins le statut de l’empreinte est fort dans l’un ou l’autre des deux contextes d’émission ou de réception, plus l’indétermination et le doute s’installent et le glissement vers la justification se réalise.

L’argument doit ainsi reposer sur un statut d’empreinte fort aussi bien au niveau du tenant-lieu qu’au niveau de l’instanciation et de son évaluation. Encore faut-il, dans cet ultime acte sémiotique que l’adéquation entre les différentes modalités argumentaires (photographies, textes, valeurs numériques) opère dans ce nouveau processus circulatoire.

A l’image de l’architecture gothique, où chaque ogive est à la fois indépendante et connectée aux autres au niveau de la clé de voûte, elle-même nécessaire à la fois pour former et porter l’ensemble de cette voûte, chacun des éléments indépendants décrits sont nécessaires et se rejoignent pour supporter la considération de la photographie judiciaire comme empreinte au fur et à mesure des cycles interprétatifs et des trois chapitres de l’investigation.

## 7.9 L’empreinte d’exploitation de l’index photographique

Nous avons principalement abordé la question de la photographie judiciaire en tant qu’empreinte photographique, c’est-à-dire, comme photographie conventionnelle issue et produite par un organe judiciaire pour son propre usage en suivant certains protocoles établis. Cependant, l’usage de la

photographie dans le processus d'investigation ne se limite de loin pas à ce type d'images. L'enquêteur va en effet récolter et exploiter d'autres images issues d'environnements beaucoup moins contrôlés et qui ne relèvent plus de l'empreinte : Caméras de surveillance, images de témoins, images propagées par les réseaux sociaux ou par des sites Internet, etc. Toutes ces photographies ou séquences vidéo relèvent désormais simplement de l'index photographique : leur signification n'est plus forcément totalement déterminée conventionnellement. Cependant, ces index, malgré leur manque d'optimisation de l'extraction de l'information référentielle, s'offrent tout autant à l'examen de l'enquêteur ou du criminaliste.

La majorité des images à partir desquelles les systèmes de reconnaissance faciale fonctionnent proviennent d'index photographiques qui ne sont pas forcément optimisés pour cet usage : images de distributeur d'argent, de CCTV, de smartphones de témoin, etc.

Les examens qui sont réalisés sur ces index photographiques doivent eux-mêmes cependant être considérés comme empreinte : c'est ce que nous avons appelé empreinte d'instanciation secondaire dégénérée. Comme ces examens ne sont pas réalisés sur des empreintes du tenant-lieu optimisées en vue de cet examen, ceux-ci sont généralement soumis à une plus grande incertitude. Dans la Figure 96, la qualité de la photographie indiciariaire de l'oreille de l'auteur présumé n'est pas optimisée pour l'examen de la reconnaissance de la forme d'oreille rendant celui-ci très incertain, voire impossible. A titre indicatif, entre 2009 et 2013, la proportion d'index photographiques récoltés par la police dont la qualité est jugée suffisante pour procéder à une reconnaissance faciale en Suisse romande était seulement de 3.2 pour cent (Dessimoz et Champod, 2016: 612). Avec la rapidité des développements technologiques liés notamment d'une part à l'augmentation de la définition des images des systèmes de surveillance – les caméras de surveillance sont passées d'une définition standard de 720 x 480 pixels à des définitions UHD 4K (3840 x 2160 pixels) voire 8K (7680 x 4320 pixels) en seulement quelques années – et d'autre part aux formats de compression capables de gérer l'augmentation des flux vidéos et de leur stockage inhérente à ces nouvelles définitions, cette proportion a assurément très fortement augmentée ces dernières années. Cette amélioration de la qualité des index photographiques renforce encore l'importance de leur exploitation judiciaire.

L'examen d'index photographiques, c'est-à-dire, l'empreinte d'instanciation secondaire dégénérée, représente une grande part du travail d'investigation. Nous pourrions nous en rendre compte dans les chapitres suivants qui remettent en perspective l'imagerie judiciaire, considérée dans son ensemble comme empreinte, dans le processus d'enquête.

## 8 Les dimensions circonstancielles de la photographie judiciaire

Nous avons pu mettre en évidence que l'enquête criminelle repose sur le paradigme indiciariaire qui impose un raisonnement hypothético-déductif incertain à partir de certains effets, les traces. Ce processus peut être divisé en trois grands chapitres : le problème de trouver, d'évaluer et d'argumenter. Cependant nous n'avons à ce stade pas encore abordé la question des dimensions des hypothèses d'intérêt dans ce processus d'investigation, ou, autrement dit, que faut-il trouver, évaluer et argumenter ?

L'enquêteur veut répondre principalement aux questions liées aux *circonstances* dont les définitions sont attribuées à Quintilien (rhéteur latin, v.30-100 apr. J.-C.) à savoir : la personne, le fait, le lieu, les moyens, les motifs, la manière, le temps, ou appliquées de manière spécifique à l'instruction criminelle par

Boethius (philosophe latin, 480 à 524) : quel est le coupable ? Quel est le crime ? Où l'a-t-on commis ? Par quels moyens ou avec quels complices ? Pourquoi ? De quelle manière ? À quel moment ? (Robertson, 1946: 11; *Wikipédia*, 2019). Ces circonstances sont notamment à l'origine de la méthode empirique de questionnement du « Qui ? Quoi ? Où ? Avec quoi ? Pourquoi ? Comment ? Quand ? » (Ribaux, 2014: 371). Il est aussi possible d'ajouter à cette liste de questions celle du « Combien ? » liée à la circonstance de la quantité.

Comme le souligne Ribaux (2014: 371), certains signes, ou plus spécifiquement certaines photographies possèdent des affinités plus particulières par rapport à l'une ou l'autre de ces circonstances. Il est dès lors nécessaire à l'enquêteur de définir quelles dimensions chaque photographie peut aborder et d'en établir un ordre de priorité dans le contexte de l'enquête. Une photographie de trace papillaire possède des dispositions particulières pour couvrir la dimension du « Qui ? (la personne) » alors qu'un film de faible qualité issue d'une caméra de surveillance le « Comment ? (la manière) », le « quoi ? (le fait) » ou le « quand ? (le temps) ».

Ces dimensions circonstancielles représentent les grands axes de travail et de réflexion de l'enquêteur dans son approche de ces investigations et du traitement des données. Cependant, à ces dimensions circonstancielles, il faut encore considérer les contraintes du contexte judiciaire dans lequel l'enquêteur opère. Ces contraintes sont généralement liées aux moyens et aux procédures mises en œuvre pour déterminer les circonstances et à la considération de leur statut d'empreinte : le compte-rendu de la fixation des lieux, le suivi des protocoles de travail, l'approche scientifique, etc. Il y a donc d'un côté, les dimensions circonstancielles que l'on veut déterminer, et de l'autre la « confiance » ou la « valeur » avec laquelle ces déterminations peuvent être considérées et qui implique l'importance du statut d'empreinte.

## 8.1 Les deux pôles principaux de l'index photographique

Nous avons défini l'index photographique comme un système complexe de traces à partir desquelles un interprète est capable d'inventer un système probablement encore plus complexe de signes couvrant potentiellement différentes dimensions d'hypothèses.

La photographie étant un index sémiotique, c'est-à-dire un acte communicationnel volontaire, ce système possède au moins deux pôles référentiels : l'un émanant de l'ensemble référentiel proprement dit et l'autre émanant de l'ensemble de production comme dans la Figure 101. Ainsi, certaines traces (ou index) du système tiennent lieu de quelque chose du contexte référentiel alors que d'autres tiennent lieu de quelque chose du contexte de production.

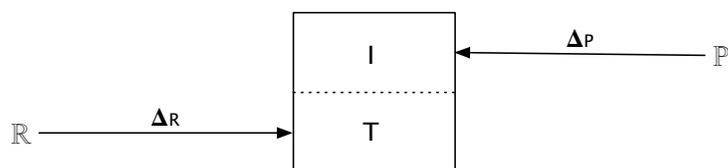


Figure 101 : La production de l'index.

Il ne faut pas tirer comme conclusion de la Figure 101 que tout index I provient de l'ensemble de production  $\mathbb{P}$  et toutes traces T de l'ensemble référentiel  $\mathbb{R}$ . Il faut simplement considérer que la notion d'index tire son essence hiérarchique d'index de l'ensemble de production  $\mathbb{P}$ . En réalité, beaucoup de traces sont générées par l'ensemble de production : le bruit caractéristique du capteur, les défauts de l'optique utilisée, etc.

Ainsi, pour chaque dimension circonstancielle, les hypothèses peuvent être formulées en relation soit avec l'ensemble référentiel soit avec l'ensemble de production. « Qui ? » peut faire référence à la personne photographiée (ensemble référentiel) ou l'auteur de la photographie (ensemble de production). Certaines traces ou données peuvent donc servir préférentiellement à déterminer, d'une part, l'une ou l'autre des dimensions circonstancielles et, d'autre part, à l'un ou l'autre de ces deux ensembles (référentiel et de production).

## 8.2 Les affinités des types d'objets du signe photographique

Nous avons vu que certains signes peuvent avoir des affinités particulières avec l'une ou l'autre des dimensions circonstancielles. Sans être absolues, ces affinités particulières peuvent être aussi liées de manière plus générale au signe photographique ainsi qu'aux différents types d'objets que nous avons définis : les mesures, les entités, les faits ou les énoncés plastiques.

En effet, si le signe photographique a des affinités avec les dimensions comme la personne ou le fait, il en a moins avec la circonstance des motifs. Ce peu d'affinité *a priori* est relatif et n'empêche absolument pas que dans certains cas, une photographie de témoins ou de caméra de surveillance, par exemple, permette de déterminer les motifs qui ont conduit à l'événement investigué.

*a priori*, nous pouvons avancer que :

- Les mesures peuvent contribuer à la détermination des circonstances de la personne (taille de la personne, mesures biométriques, etc.), du fait (l'hélicoptère photographié vole trop bas, la voiture roule trop vite, etc.), du lieu (détermination des positions et des distances à partir d'images, données GPS) et du temps (mesure de durée, détermination angulaire des ombres pour déterminer l'heure en fonction de la position du soleil). Les affinités des mesures peuvent se tourner aussi bien du côté de l'ensemble référentiel que producteur.
- Les entités ont des affinités particulières avec les circonstances de la personne (reconnaissance faciale, exploitation de traces papillaires), du lieu (reconnaissance des bâtiments) et des moyens (reconnaissance des objets), du temps (modes, entités temporelles comme des manchettes de journaux). Celles-ci sont principalement tournées du côté de l'ensemble référentiel.
- Les faits sont particulièrement liés à la détermination des circonstances du délit ou du crime et de la manière de sa réalisation (déroulement de l'activité). Tout comme les entités, les affinités sur le fait sont majoritairement tournées vers l'ensemble référentiel.
- Enfin, les énoncés plastiques ont des affinités qui sont principalement tournées vers l'ensemble producteur. Ils peuvent contribuer à déterminer la circonstance de la personne de l'ensemble producteur. Les images du pédophile Vico étaient par exemple systématiquement floutées de la même manière avec un effet spiral qui masquait le visage. Ce signe plastique donne des indications sur le fait que ces images ont été floutées par la même personne. Dans un autre registre, les énoncés plastiques sont particulièrement importants dans la considération du statut d'empreinte et donc au crédit à donner aux circonstances trouvées et à leur évaluation.

## 8.3 Les fonctions élémentaires des traces dans la détermination des circonstances

Dans sa quête vers la détermination des *circonstances* par l'étude des traces, l'enquêteur doit généralement passer par de multiples questions ou hypothèses intermédiaires. Les réponses à ces questions intermédiaires deviennent de nouveaux signes pour répondre aux questions suivantes jusqu'à l'inférence de la circonstance visée.

Ribaux attribue au moins huit fonctions aux traces classifiées selon leur contribution à répondre à ces questions intermédiaires par les trois modes de raisonnement liés à l'interprétation des signes (Ribaux, 2014: 195-211) : (a) déterminer la source, (b) détecter des répétitions qui lient des affaires (c) identifier la nature et le profil de la source, (d) recomposer des entités de source commune ou restaurer des caractéristiques perdues, (e) trouver des relations entre les personnes, les objets et les faits (f) désigner des lieux et des périodes d'intérêt, (g) reconstruire la structure spatiale et temporelle des événements et (h) renseigner sur divers aspects de l'activité d'intérêt. Toutes ces fonctions s'inscrivent principalement dans un mode de raisonnement indiciaire à partir des traces observées. Cependant, les traces peuvent aussi fonctionner comme moyen de vérification *a posteriori* d'un raisonnement, d'une entité ou d'un fait. Nous proposons donc d'ajouter encore une neuvième fonction que nous jugeons importante dans l'imagerie judiciaire actuelle : (i) vérifier la conformité d'une prévision ou l'authenticité d'une entité ou d'un fait.

Ces fonctions ne sont pas isolées les unes des autres, mais participent de manière complémentaire et imbriquée à la détermination des circonstances.

### 8.3.1 (a) Déterminer la source

Une de ces questions intermédiaires concerne particulièrement la criminalistique. Il s'agit de la question de la source des traces qui résulte d'un processus d'identification de celle-ci. Nous la traitons en premier, car elle est transversale et sous-jacente aux autres fonctions.

La source des traces est une question intermédiaire centrale dans la détermination de plusieurs circonstances comme bien entendu la personne, mais aussi le fait, le lieu, les moyens, la manière ou le temps. En effet, l'identification de la source d'une trace peut être utilisée afin de déterminer la personne à son origine soit de manière directe soit indirecte (par l'individualisation d'un objet lui appartenant). Ce processus peut tout à fait aussi être mis en œuvre pour déterminer la circonstance du fait : la victime d'abus sexuel individualisée sur une photographie relative à l'acte est impubère au moment des faits ce qui entraîne l'imprescriptibilité de l'acte punissable selon l'article 123b de la Constitution fédérale de la Confédération suisse (1999). Pour l'index photographique, cette question de la source peut s'effectuer aussi bien sur le plan de l'ensemble référentiel que sur celui producteur. Sur le plan de l'ensemble référentiel, il s'agit d'individualiser le(s) référent(s) (entités, fait), alors que sur celui producteur, il consiste à individualiser l'appareil de prise de vue, l'optique, l'opérateur, etc.

Dans ses travaux sur les questions de la source, Kwan (1977: 2-3) distingue quatre types de sources en fonction du type de relation entre la trace et sa source : une relation de production, une partie d'un tout, une altération, une origine géographique. Cette classification n'est pas directement utilisable ici, car elle n'est pas orientée sur la production de sens à partir des traces. Dans l'optique de l'invention de signes à partir de traces observées, nous pouvons nous reposer sur ce que nous avons déjà appris du signe photographique à savoir distinguer la genèse de son résultat et de son interprétation comme signe par un interprète.

Pour les signes inventés qui relèvent de la source, la détermination du type de relation que peut entretenir la trace avec sa source, quelle qu'elle soit, nécessite que l'interprète connaisse *l'arché* de la genèse de la trace considérée. On a pu l'étudier pour la photographie, c'est bien *l'arché*, l'ensemble des mécanismes de sa production, qui produit du sens pour un interprète et pas seulement de savoir simplement si la relation de la trace avec sa source est de l'ordre de la fabrication, de l'altération ou d'une partie d'un tout.

Ce que l'on entend par *source* est contextuel et dépend de la question intermédiaire d'intérêt que se pose l'interprète face au système de traces : parfois la source fait référence à l'entité (la personne, l'objet, l'organisme, etc.) ou au fait qui a produit la trace ; dans d'autres cas, elle fait référence à l'entité qui l'a distribuée ou vendue, etc. ; dans d'autres, à la cause du fait ayant généré les traces (source de chaleur ayant provoqué l'incendie, la cause d'un accident), ou encore dans d'autres circonstances, elle fait référence à son origine spatiale ou temporelle (d'où et de quand provient la trace).

*L'arché* de cette genèse de la trace étant connu et la question d'intérêt définie, l'interprète pourra mettre en œuvre le processus de détermination ou d'identification de la source sur la base des caractéristiques pertinentes des traces observées. Ce processus peut se concentrer sur des entités (personnes, objets, etc.), sur des faits ou sur l'origine spatiale ou temporelle.

### Les processus de détermination et d'identification de la source

Il faut distinguer le processus d'identification de la source de celui de vérification de la source. Le premier cherche à déterminer le mieux possible une source inconnue alors que le second à vérifier la validité d'une source présumée (Bramble, Compton, et al., 2001: 20). L'identification s'inscrit donc principalement dans un système d'investigation dont la performance s'évalue par sa faculté à identifier voire individualiser correctement les entités. La vérification, en revanche, s'inscrit plutôt dans les systèmes de sécurité (contrôle d'accès, etc.) dont la performance est évaluée cette fois par sa faculté à accepter correctement les vraies correspondances et refuser les fausses (Phillips, Martin, et al., 2000: 56-58).

Dans la suite de ce chapitre, nous nous concentrerons surtout sur le processus d'identification.

Ce processus peut prendre trois formes principales en fonction de ce qu'on entend par source.

- Lorsque la source est une entité (personne, un objet, etc.) ou un fait, la détermination de la source passe par un processus d'identification. L'identification de la source est un processus générique qui s'applique à tout type de traces et tout type de relations que celles-ci entretiennent avec sa source (Ribaux, 2014: 199). Ce processus opère par comparaison. Certaines propriétés de la trace sont extraites et considérées pour former un « modèle de la trace ». Ce modèle de la trace sera comparé avec une empreinte (modèle du matériel de référence) semblable provenant d'une source connue comme décrit dans la Figure 102. Ce cas de figure correspond typiquement au scénario d'identification de personnes par reconnaissance faciale, par des traces papillaires, etc. Cette comparaison peut se faire de trois manières différentes :
  - o Une trace contre des empreintes d'une source présumée comme dans le scénario décrit dans la Figure 102,
  - o Une trace contre une base de données d'empreintes de sources connues,
  - o Une empreinte de source connue contre une base de données de traces inconnues.

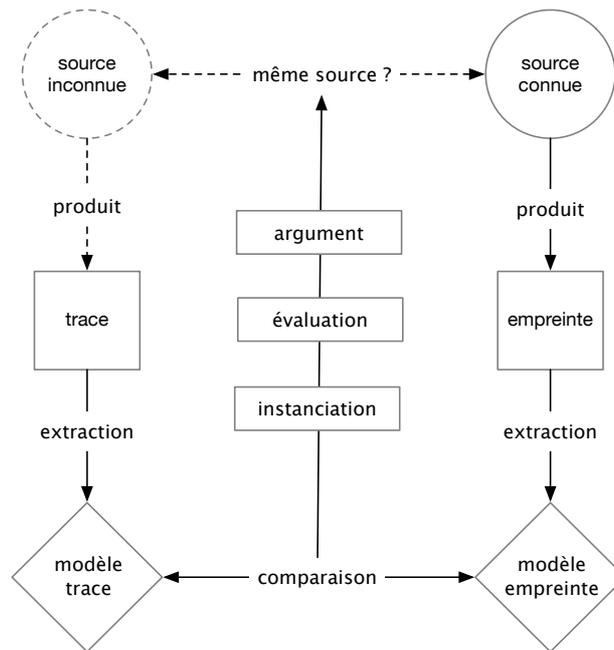


Figure 102 : Processus d'identification par comparaison entre un modèle-trace et un modèle-empreinte pour déterminer si leur source est commune. La force de la détermination d'une source commune doit ensuite être évaluée pour en produire un argument (figure reprise et adaptée de Ribaux, 2014: 201).

- Lorsque la source est une cause, la détermination de la source passe par une reconstruction du fait. La circonstance d'intérêt n'est plus forcément la personne dans ce cas de figure, mais plutôt la manière. Le développement des techniques de documentation 3D pour l'investigation des accidents routiers (Buck, Naether, et al., 2007) et des blessures de personnes (Buck, Naether, et al., 2013).
- Lorsque la source est une origine spatiale ou temporelle, celles-ci sont déterminées directement à partir des traces disponibles ou indirectement par des expériences ou calculées à partir d'une reconstruction.

Les marqueurs temporels ou spatiaux issus de l'étude des traces peuvent prendre plusieurs formes (Ribaux, 2014, p. 209) : ils peuvent être directs en indiquant la date et l'heure comme une horloge présente dans une photographie, les coordonnées GPS, des noms de rue, des lieux ou édifices connus, etc. ; ou indirects : l'ombre projetée sur une photographie comme indication de l'heure par rapport à l'emplacement du soleil, une mode vestimentaire comme signe d'une époque, l'apparition d'une technologie particulière qui n'existait pas avant, l'état de la végétation par rapport aux saisons et la typologie de la végétation par rapport à la localisation, etc. Une nouvelle fois, la reconstruction 3D permet par exemple de recalculer et d'estimer l'origine d'un projectile (Colard, Delannoy, et al., 2013). Cette détermination spatiale et temporelle peut aussi se réaliser à partir d'information visuelle ou les métadonnées (données GPS, Date et heure de prise de vue, etc.) des photographies.

Si l'on s'intéresse à la détermination de la circonstance de la personne, cette dimension est particulièrement liée aux questions de la source des traces et au processus d'identification qui lui est associé. Il existe plusieurs types de signes qui sont utiles pour identifier un individu comme décrit dans le Tableau 6. Chaque type de signes possède son propre potentiel de sélectivité dans ce processus d'identification. Comme nous avons pu déjà le souligner auparavant, l'invention de ces signes par l'interprète à partir de traces existantes est potentiellement illimitée.

Quelque chose que l'individu...	Exemples
Est	Ses données biométriques comme son visage, ses dessins papillaires, son ADN, sa voix, sa rétine, sa dentition, sa taille, etc.
Se voit attribué par la société	Un nom et prénom, une identité sociale, un identifiant d'assurance, etc.
Possède	Un passeport, un téléphone, une arme, un vêtement, un appareil photographique, des photographies, un compte bancaire, etc.
Sait/choisit	Son mot de passe, son pseudonyme, ses savoir-faire, etc.
Fait/préfère	Ses habitudes comportementales, ses goûts, etc.

Tableau 6 : les catégories des signes utiles dans le processus d'identification (repris, traduit et adapté de Casey et Jaquet-Chiffelle, 2019: 6).

L'identification de la source est réalisée à partir de modèles de caractéristiques extraites d'une trace. Le lien entre la trace et la source à déterminer peut être *primaire*, c'est-à-dire, que ce lien est direct. Les données biométriques, une trace papillaire, une habitude comportementale sont directement liées à la personne (source primaire). Cependant, ce lien peut aussi être *secondaire*. L'identification d'une personne au travers de l'individualisation de son appareil photographique (source secondaire) ou de ses chaussures ne renvoie qu'indirectement à la personne (source primaire) par un lien de possession. Cette photographie a été réalisée par cet appareil photographique (ou cette trace de semelle provient de cette chaussure) qui appartient à telle personne. Il faut noter que le nombre de renvois successifs de caractéristiques secondaires est potentiellement illimité : cette photographie a été réalisée par cet appareil photographique qui appartient à telle personne qui l'a prêté à telle autre personne, etc.

Si dans le système anthropométrique de Bertillon, la photographie signalétique ne jouait paradoxalement qu'un rôle secondaire de contrôle et de reconnaissance par rapport au portrait parlé et aux mesures anthropométriques, il en est tout autre à l'ère des bases de données numériques actuelles. La photographie joue généralement désormais un rôle majeur dans le processus d'identification ou de détermination de la source. Il y a principalement deux raisons à ce changement majeur.

La première est liée à la temporalité de la trace photographique ancrée dans la simultanéité du fait. Selon le postulat de Locard (1920: 139), l'auteur d'un crime laisse des marques de son passage. Ces marques en fonction de leur temporalité pourront être récoltées par la suite lors de l'examen de la scène. Ce sera le cas de traces papillaires, de semelles, de fluides biologiques, des fibres, etc. A moins d'une démarche proactive ou accidentelle d'un témoin photographe comme dans la Figure 60, il était rare, à l'époque de Bertillon, qu'un signal électromagnétique donnant certaines informations sur l'apparence de l'auteur et sur le déroulement du fait puisse être enregistré. Cependant, depuis l'explosion du nombre de caméras de surveillances et de smartphones capables d'enregistrer ces traces simultanément au fait, ce genre de traces liées à l'apparence ou à des données biométriques des auteurs sont régulièrement récoltées. Les systèmes biométriques de reconnaissance faciale sont en plein essor pour tenter d'individualiser la source à partir de simples photographies de caméras de surveillance. Couplés au flux des caméras de surveillance à certains endroits sensibles comme aux aéroports, ces systèmes sont désormais capables de fonctionner en direct pour reconnaître des personnes connues et présumées dangereuses. D'autres systèmes biométriques émergent en parallèle, comme la reconnaissance de la démarche, pour épauler la reconnaissance faciale dans l'identification de la source (BFMTV, 2018).

La seconde raison est liée aux possibilités de traitements offerts par le numérique, à la puissance de calcul des systèmes informatiques et l'intelligence artificielle. Les modèles, réductions analytiques des caractéristiques des traces, sont désormais non plus extraits manuellement, mais plutôt automatiquement à partir des photographies numériques. Ces modèles automatiques peuvent être de plus en plus complexes et être comparés automatiquement à des banques de données de modèles de plus en plus grandes et complexes.

La Chine, avec ses millions de caméras de surveillance connectées et couplées à différents types de systèmes de reconnaissance automatisés paraît particulièrement avancée sur ses questions technologiques permettant, d'une part, de récolter systématiquement des traces électromagnétiques et, d'autre part, de les exploiter automatiquement. Cependant, l'émergence de ces systèmes de surveillance pose aussi d'autres questions éthiques entre surveillances des citoyens par l'état et les libertés individuelles (LCI, 2019).

### 8.3.2 (b) Détecter des répétitions qui lient des affaires

L'identification de la source n'est pas la seule fonction des traces et en particulier de celles contenues dans l'index ou l'empreinte photographique. Celles-ci peuvent aussi être utilisées pour reconnaître des sources (personnes, des vêtements, etc.) communes à différentes affaires. Le processus mis en œuvre est proche de la comparaison utilisée pour l'identification. Cependant, la comparaison se fait désormais entre deux modèles de traces de sources inconnues pour déterminer si ces deux traces ont une source commune (Ribaux, 2014: 199).

Une nouvelle fois, avec le développement des caméras de surveillance en circuit fermé (CCTV) (Bijhold, Geradts, et al., 2004: 8) et des smartphones, le nombre d'images qui témoignent d'un fait a potentiellement explosé. Celles-ci sont de plus en plus collectées sur les scènes de délits, indexées dans des banques de données et utilisées par différents acteurs à des fins de détection de répétitions (Rossy, Ioset, et al., 2013: 138-139). Le nombre d'images récoltées et utilisées pour ce genre de détection a fortement augmenté ces dernières années notamment grâce aux progrès des systèmes de reconnaissance faciale et à l'amélioration des images produites par CCTV (Dessimoz et Champod, 2016: 612 Table 3). Le nombre de liens entre affaires détectés en Suisse romande à partir de photographies est par exemple passé de 71 liens en 2009 à 365 liens en 2013 (Dessimoz et Champod, 2016: 612 Table 3). Un exemple de détection par l'image a été présenté à la Figure 51 (Dessimoz et Champod, 2016: 614).

Cette détection est parfois faite visuellement par l'opérateur, mais les développements de l'intelligence artificielle ouvrent des perspectives de plus en plus grandes pour ce type de détection dans ces banques de données d'images.

### 8.3.3 (c) Identifier la nature d'une entité ou d'un fait et le profil de la source

Nous avons déjà pu différencier l'identification qui relève d'une détermination typologique de la source de l'individualisation qui détermine *l'identité numérique* de celle-ci. C'est exactement de cette distinction qu'il s'agit ici : certains modèles de caractéristiques extraites de la trace ne sont pas suffisamment discriminants pour permettre l'individualisation ou alors l'individualisation n'a pas d'intérêt particulier dans le contexte. Il n'en demeure pas moins que les informations contenues dans ces modèles sont généralement très utiles à l'investigation. Elles permettent soit d'identifier la nature d'une entité ou d'un fait, soit d'établir un profil typologique de la source. L'identification de la nature d'une entité consiste par exemple à savoir si la substance est de la cocaïne, si une œuvre ou un document est véritable, etc.

Les images de CCTV permettent par exemple d'identifier un fait comme étant une agression, un accident de la circulation, etc. Cette identification peut se faire en direct à l'intérieur du circuit fermé ou en différé après la collecte des images par la police. Comme autre exemple en lien avec la photographie, certains examens sur les images ont aussi pour but d'identifier la nature authentique et intégrale de l'information visuelle contenue dans la photographie ou au contraire si celle-ci a subi une manipulation.

En ce qui concerne le profil de la source, les photographies peuvent aussi être très utiles pour dresser une typologie de caractéristiques de la source. L'estimation de la taille, le genre, la couleur de peau, de cheveux d'une personne, etc. sont autant de caractéristiques extraites de la représentation géométrique et mimétique de la photographie qui servent à établir le profil physique de la personne. Les photographies et les vidéos peuvent aussi mettre en évidence certaines habitudes d'une personne qui participe à l'élaboration de son profil : lieux fréquentés, types d'activités, habitudes vestimentaires, etc.

### 8.3.4 (d) Recomposer des entités de source commune ou restaurer des caractéristiques perdues

L'assemblage, comme celui présenté dans la Figure 72, possède deux fonctions. La première consiste à (a) individualiser la source de chaque morceau : ce morceau de phare retrouvé sur les lieux de l'accident s'imbrique parfaitement dans le phare cassé d'un véhicule présumé. La seconde consiste à (d) recomposer une entité pour restaurer une information plus complète qui était perdue ou devenue inaccessible. Dans la Figure 72, l'assemblage permet de relire certaines inscriptions. La relecture des numéros de série effacés s'inscrit aussi dans cette fonction de restauration de l'information perdue.

Pour la photographie, sur le plan de la recomposition on peut citer, par exemple, les efforts qui sont mis en place pour récolter le plus d'images possibles d'un événement comme lors de l'attentat du marathon de Boston ou lors des événements violents en Thaïlande en 2010 (Milliet, Delémont, et al., 2015: 112). Toutes ces images de sources différentes, CCTV, images de témoins, vidéos, images sur les réseaux sociaux, etc. ont comme source commune le même fait et permettent de recomposer une vision plus complète de l'événement. La photogrammétrie, qui assemble des photographies d'une même scène prises dans des angles différents pour en construire un environnement tridimensionnel, mesurable avec beaucoup de précision, est aussi de l'ordre de la recomposition et amène une valeur ajoutée à l'information décomposée.

Sur le plan de la restauration, la photographie numérique a fait apparaître de nouveaux enjeux en lien avec les traces numériques. Le « carving » de fichiers, et notamment de fichiers images au format JPEG (Ali, Mohamad, et al., 2018), est une technique forensique de récupération de fichiers numériques sur supports informatiques basée principalement sur les entêtes de fichiers, leur structure et leur contenu sans devoir forcément recourir aux métadonnées et aux tables d'indexation du système de fichier du support (Pal et Memon, 2009: 60). Cette technique permet de restaurer des fichiers qui ne sont plus accessibles autrement. Dans cette même optique, la réparation de fichier informatique corrompu ou incomplet est aussi de l'ordre de la restauration. Concernant la vue analogique de la photographie, les techniques de rehaussement d'images ou autres traitements numériques, comme ceux utilisés pour générer les images de signalement du pédophile Vico de la Figure 100, qui permettent d'améliorer et de restaurer la vision de détails peu ou pas visibles sur la photographie originale s'inscrivent aussi dans cette fonction.

### 8.3.5 (e) Trouver des relations entre les personnes, les objets et les faits

Trouver des relations entre les personnes, les objets et les faits est une préoccupation centrale de l'enquêteur (Ribaux, 2014: 207). Une nouvelle fois, les traces peuvent permettre de trouver et d'établir ces liens : la tache de sang d'une victime sur les habits d'une personne présumée être son agresseur.

Les photographies peuvent s'avérer déterminantes aussi dans l'établissement de ces liens. Il suffit en effet de parcourir les photothèques personnelles que l'on a sur nos ordinateurs et sur nos smartphones pour s'en convaincre en remarquant l'ensemble des liens directs que l'on peut faire avec les personnes, des lieux, des activités, des objets, etc. Ces liens présumés peuvent nécessiter de recourir jusqu'à l'individualisation des différentes sources pour être établis.

Lors de surveillances policières de personnes, les différents contacts avec d'autres personnes ou lieux d'intérêt sont systématiquement photographiés pour attester du contact et pour permettre la détermination de l'identité de la personne rencontrée.

Dans l'affaire Maëlys, très médiatisée, certaines images de caméra de surveillance ont pu faire le lien entre la victime et la voiture de l'auteur présumé à un lieu et à un moment donné (BFMTV, 2017).

### 8.3.6 (f) Désigner des lieux et des périodes d'intérêt

Nous avons déjà évoqué que la détermination de la source d'une trace peut faire référence à son origine spatiale ou temporelle. Cette détermination spatiale peut amener à désigner ces lieux et ces moments comme particulièrement intéressants à l'enquête. La localisation et la datation du climax du fait criminel sont des informations de première importance pour l'enquête.

Les métadonnées temporelles et spatiales (coordonnées GPS) des photographies issues d'appareils photo numériques ou de smartphones permettent de toute évidence de désigner ce genre d'informations.

Dans une affaire, une caméra de surveillance routière d'une autoroute a permis de repérer le lieu où, le long d'une route, un crime avait été commis alors que le corps avait été retrouvé à un tout autre endroit. Cette information permet de cibler la localisation spatiale pour effectuer des recherches de traces en lien avec cette affaire et de situer le crime dans le temps.

Cependant, le lieu et la date du crime ne sont pas les seuls endroits et moments d'intérêt pour l'enquête. Par exemple, la détermination de l'origine et du lieu de résidence des terroristes de l'attentat de Paris de 2015 ont permis de faire avancer l'enquête dans la ville de Molenbeek-Saint-Jean, en Belgique pour permettre l'arrestation du terroriste en cavale (L'Obs, 2016).

### 8.3.7 (g) Reconstruire la structure spatiale et temporelle des événements

La reconstruction spatiale et temporelle du fait est principalement en lien avec la circonstance de la manière. Il s'agit ici non plus de situer le climax du délit ou du crime dans le temps et l'espace, mais de récolter et d'exploiter des traces qui permettent aussi de reconstruire ce qui le précède et le succède pour établir la structure spatiale et temporelle du fait.

Les marqueurs spatiaux ou temporels peuvent être absolus en indiquant un instant, une époque, une durée, une localisation, un endroit avec plus ou moins de précision, ou relatifs en montrant une succession temporelle (ordre des croisements de traits de la Figure 77 dans l'étude des documents, etc.), un âge, une habitude de déplacement, un emplacement ou une distance par rapport à une autre entité, une vitesse, etc.

La détermination de la chronologie du fait et les déplacements constituent parfois des éléments essentiels de l'enquête. Une nouvelle fois, la récolte d'images de CCTV et de témoins, parfois en grande quantité, autorise cette reconstruction temporelle et spatiale. Au-delà de la manière, cette compréhension du fait met en lumière la circonstance de la personne. Lors de l'attentat du marathon de Boston, une énorme quantité d'images a été traitée à la fois pour établir la structure du fait, mais surtout pour déterminer les auteurs (Boston Globe et Taryn, 2013).

### 8.3.8 (h) Renseigner sur divers aspects de l'activité d'intérêt.

La vitesse d'un véhicule (Lanzi, 2009: 116), la posture d'une personne (Milliet, Delémont, et al., 2015: 116), la détermination d'une teinte, la classification de forme, l'inventaire d'objets de collection, etc. sont autant d'informations accessibles à partir de photographies ou de séquences d'images. La diversité des aspects utiles à l'enquête à couvrir est potentiellement illimitée et dépend de l'invention des signes par l'interprète-enquêteur.

### 8.3.9 (i) Vérifier la conformité ou l'authenticité

La trace fonctionne aussi bien dans une optique de projection abductive, permettant d'émettre des hypothèses à propos d'un fait, que dans une optique de vérification déductive. La modélisation informatique de l'évolution du feu dans l'investigation d'incendie (Delémont, 2005) permet à l'enquêteur de vérifier et confronter l'adéquation des traces réelles observées avec les résultats de la modélisation paramétrée sous l'angle de différentes hypothèses émises au préalable. Concernant plus spécifiquement la photographie numérique, la vérification de l'authenticité de l'image, devenue un enjeu important de l'imagerie judiciaire, s'inscrit totalement dans cette fonction de vérification. L'authenticité de l'image est vérifiée sur la base d'analyse d'une multitude de différentes traces issues de son processus de production (Korus, 2017: 7).

## 9 Cartographie de la diversité de la photographie judiciaire actuelle

Nous avons pu décrire jusqu'ici comment et sur quels fondements la construction conventionnelle de l'empreinte de la photographie judiciaire s'est construite par les pionniers de la criminalistique. Cette construction établie, celle-ci a réussi à perdurer dans le temps tout en ayant évolué et s'étant largement diversifiée jusqu'à aujourd'hui notamment grâce aux possibilités offertes par les technologies d'imagerie numérique.

Avant de pouvoir s'aventurer dans l'établissement d'une cartographie forcément partielle des différents aspects et préoccupations liés au signe photographique judiciaire, il est nécessaire de lui définir une certaine structure construite autour de certains éléments clés de notre modèle de fonctionnement. Une fois ces éléments structurants posés, nous serons en mesure de situer dans quels contextes ou enjeux les publications récentes ou plus anciennes liées à la photographie judiciaire s'inscrivent.

## 9.1 Les éléments structurants de la carte

### 9.1.1 Les empreintes et index

Nous avons pu distinguer plusieurs types d'empreintes photographiques qui interviennent à différents chapitres de l'investigation.

En plus de la photographie, il nous paraît nécessaire à ce stade d'élargir à nouveau la vision de l'imagerie judiciaire à la considération de certains types d'images fabriquées à partir d'enregistrements de signaux physiques. Nous pensons notamment à tout le domaine de la reconstruction 2D et 3D indiciaire. Nous aurions pu considérer *l'empreinte fabriquée*, car c'est de ça qu'il s'agit, de manière séparée et reproduire dans notre carte un fonctionnement parallèle pour ce type d'images, mais, par souci de simplification, nous préférons les regrouper. Ainsi, dans notre cartographie, lorsque nous parlons « d'empreinte », celle-ci peut se rapporter aussi bien à la photographie qu'à la reconstruction fabriquée indiciaire. Cependant, notre discours restera principalement axé sur la photographie, sans que cela n'exclue forcément la reconstruction du propos lorsqu'il n'y a pas de raisons.

La Figure 103 présente les différents types d'empreintes que nous avons identifiés et les contextualise dans le processus d'investigation.

- *L'empreinte du tenant-lieu* correspond à l'optimisation de l'extraction de l'information visuelle référentielle. En s'appuyant sur certaines stratégies communicationnelles, celle-ci fonctionne sémiotiquement de manière autonome par exemple comme compte-rendu, illustration, fac-similé, etc.
- *L'empreinte d'instanciation primaire* correspond à la photographie d'investigation scientifique. Elle n'atteste plus simplement du ça-a-été référentiel, mais donne à voir les résultats de l'examen qui la précède. La photographie, ou la reconstruction instancient l'examen réalisé. Cette empreinte d'instanciation, par une habitude ou une convention évaluative, peut directement être considérée comme *empreinte argumentaire primaire*. Nous pouvons prendre comme exemples la démonstration par assemblage de la Figure 72 ou la prise de position sur l'origine et la cause d'incendie de la Figure 70.
- La photographie est aussi un support intermédiaire qui s'offre à l'examen. Par l'ajout de signes complémentaires qui attestent de l'examen sur l'information visuelle, la photographie, ainsi instanciée, devient *empreinte d'instanciation secondaire*. Celle-ci est *authentique* lorsque cet examen est effectué à partir d'une photographie ayant déjà le statut d'empreinte. Dans le cas contraire, elle sera dite *dégénérée*.
- *L'index photographique* correspond à toute photographie n'ayant pas ou plus le statut d'empreinte. Elle se situe donc en dehors de la photographie judiciaire. Il n'en demeure pas moins que ce genre d'image, photographies de témoins, caméra de surveillance, etc. sont aussi très utiles à l'investigation et s'offrent aussi parfaitement à l'examen de l'enquêteur. Celui-ci ne peut par contre aboutir qu'à une *empreinte d'instanciation secondaire dégénérée*.
- Enfin, *l'empreinte argumentaire secondaire* s'inscrit dans le chapitre III du problème d'argumenter en se basant sur une reconstruction évaluative de nature quantitative à partir d'une instanciation secondaire. Nous avons délibérément disposé certains éléments entre les chapitres, car les délimitations de ceux-ci ne sont pas absolues ni clairement définies.

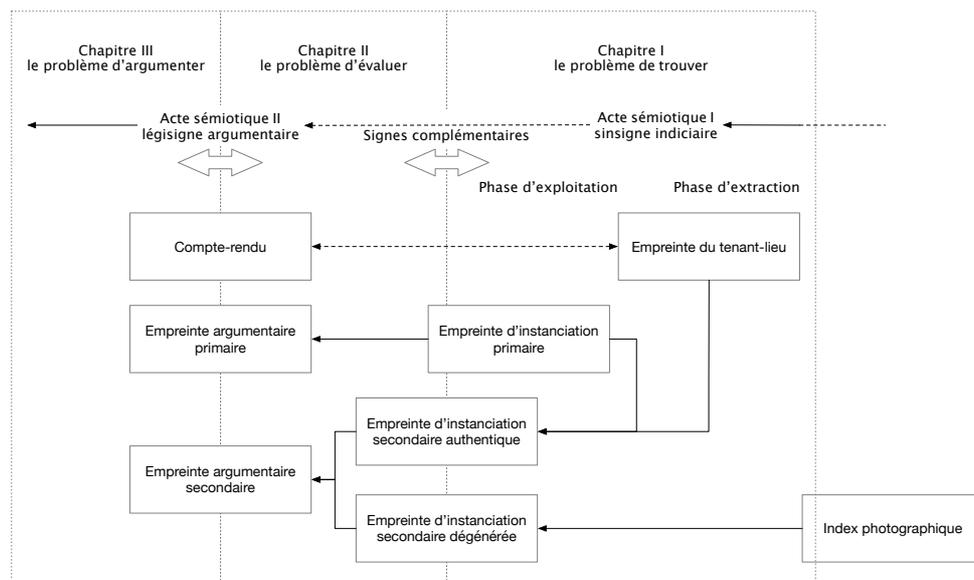


Figure 103 : Les différentes empreintes photographiques et leur positionnement dans les chapitres de l'investigation.

### 9.1.2 Les différentes familles d'examens

Un autre élément structurant notre carte de l'imagerie judiciaire porte sur les différentes familles d'examens forensiques permettant d'exploiter certains types d'information. Nous en avons identifié trois principales mises en perspective dans la Figure 104 :

- 1) Les *examens forensiques d'investigation photographique* qui aboutissent à l'établissement de l'empreinte d'instanciation primaire. Il s'agit par exemple des examens de documents réalisés par Reiss qui aboutissent à des photographies qui désignent les résultats de ces examens.
- 2) Les *examens forensiques d'exploitation de l'information visuelle référentielle* photographiée utilisant la photographie comme support. Ceux-ci dépendent généralement des types de référents photographiés : traces biométriques (visages, traces papillaires, etc.), traces de semelles, etc. Ces examens peuvent se faire aussi bien sur la base de photographies ayant le statut d'empreinte ou non et portent généralement sur l'ensemble référentiel de la photographie.
- 3) Les *examens forensiques des images* portent non plus explicitement sur l'analyse des propriétés visuelles du référent photographique, mais sur l'exploitation de toute autre trace contenue dans le système de trace du support photographique. Cette famille comporte notamment les examens d'identification du capteur, d'intégrité de l'information visuelle, la réparation de fichiers images, des aberrations de l'objectif, etc. Ces examens concernent essentiellement les photographies qui n'ont pas – ou qui ont perdu – le statut d'empreinte étant donné le fait que ceux-ci visent justement à combler une certaine indétermination. Ces examens ont tendance à porter préférentiellement sur l'ensemble producteur de l'image.

L'organisation de cette classification d'examens se distingue un peu de celle proposée par le Scientific Working Group Imaging Technology (SWGIT, 2012), car celle-ci s'intègre mal dans le modèle d'empreintes que nous avons mis en place.

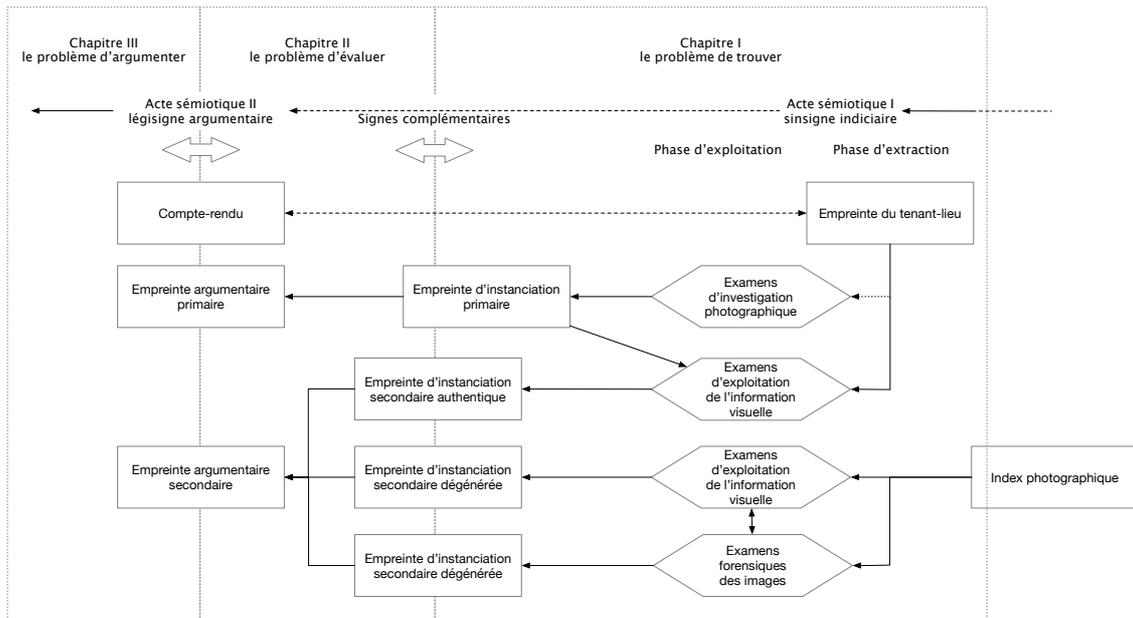


Figure 104 : Les trois principales familles d'examens et leur position respective dans la carte.

## 9.2 Les changements principaux induits par la photographie numérique

La révolution de la photographie numérique à la fin du XXe siècle ainsi que la très rapide évolution technologique que celle-ci a permise par la suite jusqu'à nos jours ont complètement bouleversé les méthodes et les possibilités de capture (Bramble, Compton, et al., 2001: 2). La photographie judiciaire n'a pas été épargnée par cette révolution numérique de la photographie avec un transfert vers ces nouvelles techniques et méthodes en quelques années à l'image de toute la société. Cette révolution a eu plusieurs types de conséquences sur l'imagerie judiciaire.

### a) La stabilité des fondements de l'empreinte.

Le premier constat est que le numérique n'a pas eu d'effets majeurs sur la considération de l'empreinte de la photographie judiciaire. Celle-ci repose toujours sur les mêmes fondements issus principalement des pionniers comme Bertillon et Reiss, mis en avant dans le cadre de ce travail.

Le numérique a tout de même provoqué le débat sur la falsification de la photographie étant donné la facilité de manipulation d'images et de construction de fausses photographies. Le monde judiciaire y a répondu de différentes manières : les sécurités qui permettent d'authentifier les images produites, les protocoles de traitements et le renforcement de la documentation et des processus de continuité de la preuve appliqués à la photographie (Korus, 2017; Weiss, 2009a: 27-31; Blitzer et Jacobia, 2002).

A cette facilité de falsification de la photographie et les informations numériques en général, s'est ajouté ces dernières années le phénomène des « infox ». Ce phénomène est devenu une arme privilégiée de manipulation politique et sociale orchestrée par des individus, des organisations ou même parfois certains Etats. Par de véritables campagnes de propagande basées sur de l'information fallacieuse en utilisant la puissance de dissémination et le manque de contrôle des réseaux sociaux, le phénomène des « infox » peut potentiellement affecter jusqu'à la stabilité de la société et de la démocratie (Farid, 2018: 268). Ce phénomène accélère encore l'élaboration de nouveaux types de sécurités permettant de vérifier l'intégrité des informations numériques au plus proche des systèmes de production (Newman, 2019). Nous

reviendrons sur ces sécurités lors d'un survol des centres d'intérêt principaux concernant la photographie judiciaire.

b) La simplification de l'enregistrement.

Sur le plan de l'enregistrement, le passage au numérique a eu plusieurs conséquences. Parmi celles particulièrement intéressantes pour la fixation de l'état des lieux concerne le fait que la qualité des images peut être vérifiée immédiatement voire avant la capture et leur diffusion peut être est immédiate.

La photographie s'est aussi largement simplifiée et s'est encore démocratisée avec les nouvelles générations d'appareils et surtout avec les smartphones. Même si cette simplification peut être perçue comme une évolution positive, plusieurs auteurs sur la photographie forensique se sont inquiétés que la simplification offerte par le numérique à produire des images de qualité ne débouche désormais sur une fausse perception que le domaine de la photographie judiciaire ne nécessite pas de compétences particulières (Vorder Bruegge R. dans Blitzer et Jacobia, 2002: VIII; Weiss, 2009a: 9). Cette préoccupation nous apparaît avant tout comme générationnelle et spécifique aux photographes ayant vécu cette transition de l'analogique vers le numérique dans les années 2000. En conservant les fondements de l'imagerie judiciaire au même niveau d'exigence requis par l'empreinte, l'expérience et le niveau de compétences nécessaires à produire ces empreintes photographiques doivent être maintenus, quelles que soient la complexité ou la simplicité du moyen technique.

c) L'appauvrissement transitoire de la qualité et le dynamisme des avancées technologiques.

Avec l'imagerie numérique, la question de la qualité des images s'est très vite posée. Traditionnellement, la qualité de l'image se base sur cinq attributs basiques : le ton (ou le contraste), la couleur (luminosité, teinte et saturation), la résolution (la faculté de voir des détails fins), la netteté (la bonne définition des contours) et le bruit. Nous ne détaillerons pas les progrès des fabricants de capteurs et d'appareils tant ceux-ci ont été énormes sur l'ensemble de ces dimensions. La résolution est un bon exemple de ces évolutions : en 1998, la résolution des capteurs des appareils photo numériques se situait autour de 1.3 million de pixels ce qui ne permet pas de photographier des traces papillaires entières avec une résolution suffisante. 20 ans plus tard, le marché actuel propose des solutions à très haute résolution de 150 millions de pixels permettant de discerner des détails très fins sur des objets bien plus grands.

Le marché technologique de la photographie s'est complètement diversifié grâce aux possibilités de calcul et de traitement du numérique. Nous détaillerons certains de ces aspects dans notre cartographie des activités de l'imagerie judiciaire actuelle.

d) L'explosion de la production et de la diffusion

L'invention des smartphones, qui va avec la miniaturisation des dispositifs photographiques, a permis de mettre des appareils photo dans toutes les poches ce qui a démultiplié le nombre d'images réalisées par la société. Cette prolifération s'est encore accentuée par la connexion directe des smartphones aux applications de réseaux sociaux qui inondent le monde de contenus photographiques ou vidéos de manière transparente et instantanée.

En parallèle, et plus spécifiquement à la photographie judiciaire, la capacité des cartes mémoires et la *gratuité* de chaque prise de vue par rapport aux films analogiques ont aussi fait drastiquement augmenter le nombre de photographies réalisées lors d'investigations. Cette surproduction d'images est en tension permanente avec certains principes généraux de la méthode scientifique que sont les principes d'utilité et d'efficacité sur lesquels se fonde la considération de l'empreinte. Toutes ces images prises « au cas où » génèrent un « bruit photographique » inutile qui nuit au fondement de l'investigation scientifique et donc à la considération de l'empreinte.

e) Le décuplement des possibilités de traitements

Une des avancées majeures de la photographie numériques consiste dans ses possibilités de traitements. Le Tableau 7 permet de se rendre compte de la diversité des traitements qui peuvent être utiles à la photographie judiciaire et plus particulièrement celle forensique.

Type de traitements numériques	Entrée	Sortie	Exemples de sortie
Rehaussement	Image A	Image B	Amélioration de contraste,
Mesures et calculs	Image	Mesures	Distance, hauteur, vitesse
Reconnaissance de motifs	Image	Données de classe	Codification de motifs de semelle, détection de minuties de traces papillaires
Comparaison	Image contre image ou contre une base de données	Données de corrélation	Reconnaissance faciale 1 à 1 ou face à une base de données, de traces papillaires
Interprétation	Image	Argument	Détermination de la marque d'un véhicule
Reconstruction	Mesures, données, images,	Image	Reconstruction 3D de scène d'investigation
Authentification et vérification de l'intégrité	Image, fichier, métadonnées	Mesures, données de vérification	Détection de manipulation, identification de l'appareil de prise de vue, watermarking, etc.

Tableau 7 : Typologie de traitements numérique en lien avec la photographie (repris et adapté de Bramble, Compton, et al., 2001).

f) La création de banques de données « d'images »

La démarche de classification de données dans des inventaires n'est pas récente. Les fiches signalétiques de Bertillon étaient déjà classifiées pour permettre la recherche rapide dans des répertoires de plusieurs milliers de fiches. Nous avons pu voir que la photographie jouait dans ce système de classification finalement un rôle mineur de contrôle. En effet, la photographie ne se prête pas directement à l'indexation. Celle-ci est réservée aux classes textuelles, aux valeurs numériques issues d'observations, de mesures ou de calculs.

Ainsi, les banques de données d'images sont en fait des bases qui ne font que contenir des images : leur indexation ne s'opère que sur des métadonnées qui décrivent ces images. Pour que l'image soit indexable, il faut en extraire un modèle de métadonnées qui pourra être structuré et recherché ultérieurement dans la base. Cette création de modèles de données est le même que celui décrit dans le processus d'identification.

Avec les systèmes de bases de données numériques actuelles, la photographie ne se prête toujours pas directement à l'indexation. Ce qui a changé, ce sont essentiellement les nouvelles possibilités d'extraction du modèle de métadonnées et d'exploitation de ce modèle. Ces nouvelles possibilités opèrent sur différents plans :

- L'automatisation de l'extraction (reconnaissance de patterns) ;
- La complexité du modèle (le numérique permet d'extraire automatiquement des informations bien plus complexes que ne pourrait le faire l'humain) ;
- Le nombre de modèles différents (un modèle peut se créer à la demande) ;
- L'évolutivité du modèle (les images peuvent être traitées en permanence par des algorithmes différents rendant les modèles de métadonnées très évolutifs) ;
- Les algorithmes de recherche au travers de ces modèles.

En complément à ces nouvelles possibilités, il faut désormais aussi compter sur l'intelligence artificielle pour encore améliorer les possibilités de traitement et d'exploitation de ces banques de données de modèles extraits d'images.

## 9.3 Revue des différents centres d'intérêt liés à l'imagerie judiciaire

L'objectif de cette revue basée sur la littérature centrée sur le domaine forensique n'est pas tant d'être totalement exhaustif ni de discuter longuement de chaque type d'activité, mais de saisir toute la diversité d'activités où l'imagerie judiciaire se développe et joue un rôle ainsi que de les situer dans la carte. Évidemment, toutes ces activités sont aussi reliées entre elles, mais par souci de simplification, nous les relierons uniquement aux éléments structurant la carte.

### 9.3.1 Sur le plan de l'empreinte du tenant-lieu

Comme empreinte d'extraction du tenant-lieu, il existe différents types de photographies. Nous pouvons nous appuyer sur la revue typologique des usages de la photographie en police scientifique proposée par Ceccaldi (1969) puis Mathyer (1973) que nous avons adaptée, présentée dans le Tableau 8:

<i>Empreinte du tenant-lieu.</i>	
Type de photographie	Objectif
Signalétique	Permettre la reconnaissance ou l'individualisation d'une personne
De fixation de l'état des lieux	Réaliser un compte-rendu visuel de la scène de crime
D'enregistrement d'entités ou de faits	Réaliser un compte-rendu visuel d'une entité ou d'un fait
De support d'examen	Réaliser un tenant-lieu adéquat pour un examen ultérieur
De reconstitution	Reproduire des conditions de vision initiales

Tableau 8 : Typologie des photographies au niveau de l'empreinte du tenant-lieu et leur objectif principal respectif.

Tous ces types d'images ont leurs caractéristiques et problématiques propres que nous ne détaillerons pas ici, mais nous nous intéresserons plutôt aux problématiques ou aux activités transversales liées à la

photographie judiciaire qui opère à ce niveau. Il faut remarquer que la distinction entre empreinte du tenant-lieu et empreinte d'instanciation est parfois relative : la distinction entre simple extraction et exploitation de cette extraction n'est pas toujours évidente.

Nous avons identifié cinq activités principales sur le plan de l'empreinte du tenant-lieu (Figure 105) :



Figure 105 : Activités principales de l'imagerie judiciaire au niveau de l'empreinte du tenant-lieu.

### Établissement de protocoles photographiques

Nous avons pu souligner que la considération de l'empreinte a commencé avec la mise en place du protocole de la photographie signalétique par Bertillon. Ainsi, un certain nombre de protocoles ou guides de meilleures pratiques, aussi bien sur des questions générales que spécifiques à certains types de traces, ont été développés pour les autres usages de la photographie judiciaire. Dans le domaine de la photographie forensique, les directives les plus connues sont celles établies par le Scientific Working Group Imaging Technology (23 documents établis par le SWGIT, 2012) et de l'ASTM (ASTM E30 Committee, 2019). Au niveau européen, l'European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) a aussi mis en place récemment des protocoles qui concernent aussi la photographie (ENFSI, 2018). En parallèle, il existe d'autres protocoles spécifiques à chaque type de traces comme pour les empreintes digitales (SWGFAST, 2018) ou plus localement au niveau des polices romandes (RBT, 2015a). Ces protocoles, ou directives, peuvent être généraux et couvrir l'ensemble du processus photographique ou alors spécifiques et s'intéresser à une problématique particulière. D'un point de vue protocolaire, le processus photographique peut se schématiser en chapitre à couvrir comme dans la Figure 106.

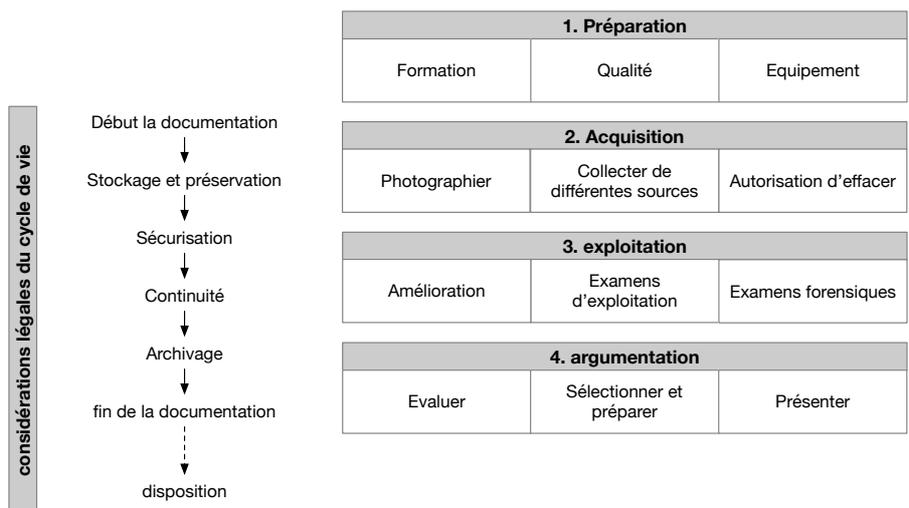


Figure 106 : L'ensemble des aspects du processus photographique couverts par les protocoles (schéma repris et adapté de ANZPAA, 2013: 11).

## Les technologies de capture

Sur le plan des évolutions technologiques de capture spécialement intéressantes pour l'imagerie judiciaire nous pouvons notamment citer la photographie HDR (High Dynamic Range) (Albanese et Montes, 2011; Chuk, 2019; Day, 2008; Rogahn, 2012), la photographie panoramique, voire sphérique, avec notamment le Spheron VR<sup>TM</sup> (National Institute of Justice, 2013a, 2013b; Sheppard, Cassella, et al., 2016, 2017; Tung, Barr, et al., 2015) ou encore périphérique comme dans le système de scannage de projectile EvoFinder<sup>TM</sup>: (Li, Lin, et al., 2019; Porter, Ebeyan, et al., 2015; Werner, Rhumorbarbe, et al., 2018).

## Techniques photographiques particulières

Lors de l'établissement de l'empreinte, l'opérateur met en place des processus et des techniques d'éclairage photographique spécifiques à la problématique traitée, qui dépend généralement du type d'entité : éclairages en reproduction, en lumière frissante, en épiscopie coaxiale, en luminescence, en réflexion diffuse, en fond noir, en transmission ou en réflexion, etc. Ces techniques évoluent et se perfectionnent.

La photographie spécifique à la scène de crime est un domaine en soi qui est couvert par plusieurs ouvrages entiers (Duncan, 2015; Mancini et Sidoriak, 2018; Miller et Marin, 2015a; Robinson, 2010, 2013; Weiss, 2009a). Ces ouvrages traitent aussi généralement en partie des principes généraux qui caractérisent la photographie judiciaire que nous avons pu mettre en avant dans la construction conventionnelle de l'empreinte.

## Rehaussement d'images

Le rehaussement d'images fait référence aux traitements numériques permettant d'améliorer la qualité de l'information visuelle. Il s'agit usuellement d'améliorer le contraste, l'exposition, mais aussi de supprimer ou d'atténuer des éléments qui perturbent la vision des éléments d'intérêt par exemple avec de l'isolation de couleur, etc. Toutes ces techniques de rehaussement appartiennent à la famille des traitements numériques pixel par pixel : ils sont appliqués en fonction de la valeur numérique de chaque pixel indépendamment des autres pixels. Ces traitements peuvent être appliqués de manière globale à l'entier de l'image ou de manière locale à certaines zones spécifiques.

D'autres traitements de rehaussement de base appartenant à la famille des filtres sont aussi acceptés au niveau du tenant-lieu. Les filtres tiennent compte des valeurs des pixels voisins du pixel traité dans le calcul de la nouvelle valeur à lui attribuer. Ces traitements par filtre sont appliqués par convolution sur l'image. Ils permettent par exemple d'accentuer ou diminuer la netteté, d'enlever des traces de poussières, de faire des rotations d'images ou certains redressements ou corrections de distorsions optiques.

Plusieurs ouvrages généraux couvrent ce genre de traitements de base (Blitzer et Jacobia, 2002; Reis, 2007). Ces traitements de rehaussement d'image sont généralement protocolés de manière assez stricte par les différents standards mis en place (ENFSI, 2018; SWGIT, 2010, 2010). Le rehaussement est généralement admis pour autant qu'il suive des procédures standards et qu'il ne modifie pas l'objet d'intérêt pour son usage (SWGIT, 2010).

Il existe d'autres types de traitements plus avancés, notamment de filtrages fréquentiels, utilisés en imagerie forensique. Ces techniques s'inscrivent selon nous plus sur le plan de l'empreinte d'instanciation qui atteste du résultat d'un examen.

## Sécurités de garantie d'authenticité et d'intégrité du contenu

Les possibilités de falsification et de manipulation qu'offre l'imagerie numérique font naître pour certains des besoins d'établir des systèmes de sécurité liés aux questions d'authenticité et d'intégrité des images. La distinction entre authenticité et intégrité n'est pas toujours évidente. L'intégrité de l'image fait directement référence au contenu représenté qui doit correspondre à celui au moment de l'acquisition. L'authenticité est une notion plus large qui contient l'intégrité du contenu, mais qui englobe aussi des notions liées au contexte d'acquisition. Ainsi, la vérification de l'authenticité inclut l'intégrité du contenu, mais aussi la vérification du contexte référentiel et de la source de l'image (Korus, 2017: 2)

Dans cette perspective, la convention sémiotique de l'empreinte se résumerait à la garantie de son authenticité. Comme nous avons pu déjà le montrer, la convention du statut d'empreinte s'est construite de manière beaucoup plus complexe. Dans le contexte de l'empreinte du tenant-lieu, cette problématique de l'authenticité représente une garantie supplémentaire pour fonder l'empreinte, que certains jugeront indispensable, afin de lever totalement l'éventuelle indétermination sur son origine réelle (appareil photo), sur son intégrité (son contenu) ou sur l'opérateur (Blythe et Fridrich, 2004).

Les stratégies pour garantir cette authenticité se placent au plus près du système de capture (Newman, 2019) en créant des appareils photographiques « sécurisés ». Ces appareils sécurisés peuvent utiliser principalement deux techniques : l'intégration de filigranes numériques robustes (watermark) lors de la capture à l'aide de puces dédiées (Blythe et Fridrich, 2004; Korus et Memon, 2019), ou la production de signatures numériques déclarées localement dans les métadonnées ou délocalisées dans des registres. Ce genre de sécurités garantissant l'authenticité ne fonctionnent que pour des déploiements restreints et contrôlés comme peut l'être un service de police (Korus et Memon, 2019: 1).

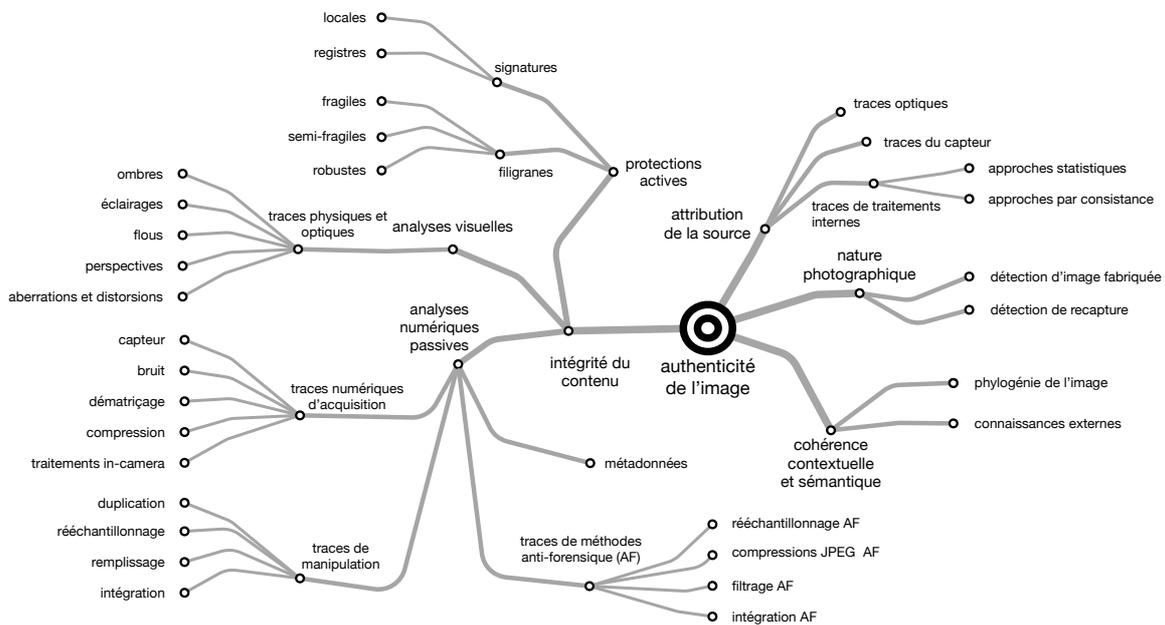


Figure 107 : Taxonomie liée à l'authenticité de l'image et les vérifications qu'elle peut impliquer.

L'intégrité, quant à elle, peut être vérifiée de deux manières : soit par des protections actives : les signatures et les filigranes numériques, soit par des analyses forensiques passives portant sur différents types de traces ou d'index. Au niveau de l'empreinte du tenant-lieu, seules les sécurités actives peuvent garantir l'intégrité du contenu (Jahanirad, Wahab, et al., 2016; figure traduite et adaptée de Korus, 2017: 2; Walia et Kumar, 2019: 497-500).

Certaines entreprises comme Truepic commencent à se profiler néanmoins autour de ces questions et proposent des systèmes de capture contrôlée grand public garantissant l'authenticité des images produites en mettant en place " *une continuité de la preuve de confiance pour les images dès leur origine* " (Truepic, 2019).

### Reconstruction 2D ou 3D d'état d'entités

La question de la reconstruction 2D ou 3D est un vaste sujet qui est très dynamique en science forensique (Baldwin, 1999; Barazzetti, Sala, et al., 2012; Ebert, Flach, et al., 2016; Edelman et Aalders, 2018; Fraser, Cronk, et al., 2008; Houck, Crispino, et al., 2018; Howard, Murta, et al., 2000; Lanzi, 2009; Le et Liscio, 2019, 2019; Leipner, Baumeister, et al., 2016; Little, Small, et al., 2000; Ma, Zheng, et al., 2010; Neis, Fink, et al., 2000; Noond, Schofield, et al., 2002; Pfefferli, 2001; Robinson, 2010; Weiss, 2009b).

Elle concerne essentiellement l'établissement et la reconstruction des configurations spatiales des entités et de pouvoir les mesurer. La photographie métrique appliquée dès 1904 par Bertillon montre l'importance accordée aux mesures spatiales et à la restitution de la configuration topologique des lieux et des entités.

Il existe plusieurs méthodes et technologies de reconstruction utilisées en science forensique :

- 1) Les méthodes par reconstruction géométrique de la perspective : Cette méthode fonctionne avec une seule image. Cette méthode peut fonctionner de manière passive : elle correspond à la photographie métrique à une seule image qu'a développée Bertillon où le tirage photographique à optique fixe est intégré à un cadre métrique prédéfini comme dans la Figure 79. La méthode peut aussi être active avec le dépôt d'un standard métrique dans la scène comme le système Heindl (Figure 108).

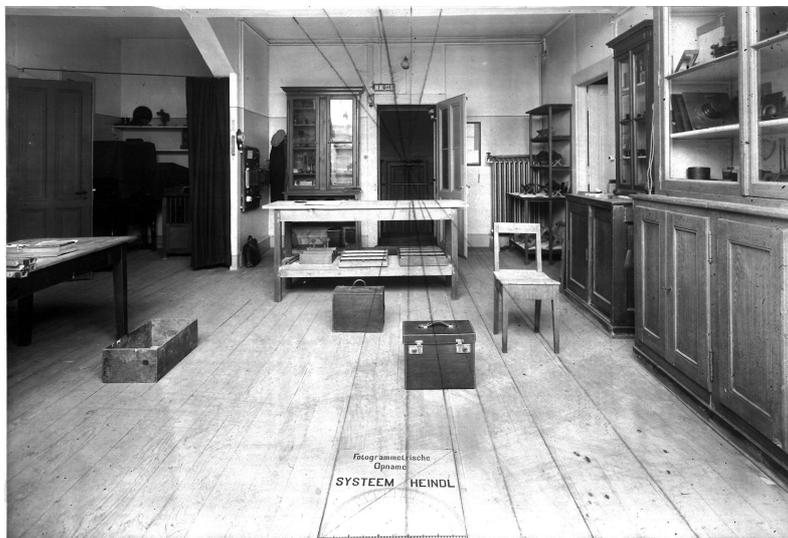


Figure 108 : Photographie métrique avec le système Heindl qui permet la reconstruction de la perspective de l'image grâce à son repère interne (méthode active) (image de la collection de l'ESC, 1932).

- 2) Les méthodes par triangulation : Il y a d'une part la stéréophotogrammétrie qui utilise deux captures différentes de la même scène prises à une distance fixe l'une de l'autre comme pour le

fonctionnement de la vision humaine. Chaque distance peut être déterminée par triangulation dont un côté a une distance connue. Le système Spheron VR<sup>TM</sup> fonctionne par stéréophotogrammétrie pour établir des mesures dans les images sphériques.

D'autre part, la photogrammétrie multi-images fonctionne en assemblant plusieurs images partageant des points communs. Pour chaque image, issue de photographies différentes ou prise de séquences vidéo, les orientations internes ( focale utilisée, centre de perspective) et externes (position et l'orientation des prises de vue dans l'espace) doivent être déterminées pour restituer par triangulation les points contenus dans les images dans un espace à 2 ou 3 dimensions (Lanzi, 2009: 20). Ce travail de restitution s'effectue de manière logicielle grâce à des solutions dédiées comme Photomodeler, Iwitness, Rolleimetric, CDW, etc.) La photogrammétrie multi-image permet de travailler aussi bien en terrestre sur des grandes scènes comme des accidents, que sur la modélisation de petits objets ou depuis des vues aériennes à courte ou longue distance.

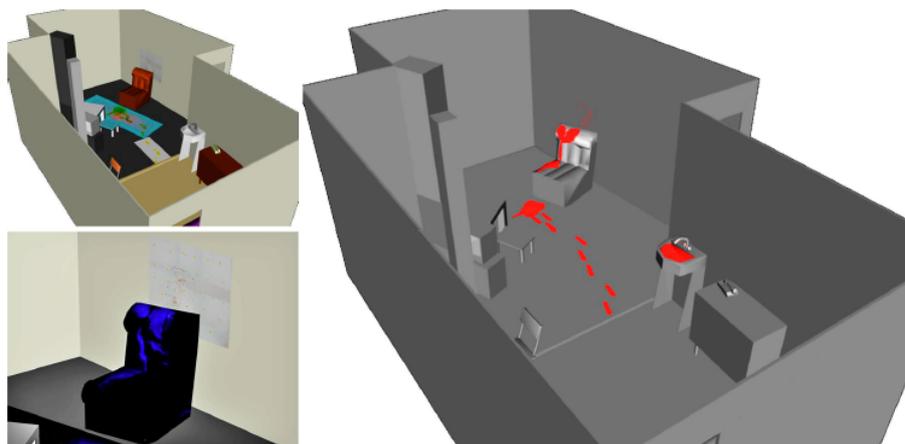


Figure 109: Reconstruction 3D d'une scène de crime par photogrammétrie multi-image. (illustration reprise de Lanzi, 2009: 96).

- 3) Les méthodes par temps de vol : Pour ces méthodes actives, les distances ne sont plus déterminées géométriquement, mais par le temps que met un signal émis pour revenir par réflexion. Les Scanners Laser 3D (Lidar) envoient des millions d'impulsions de lumière dans toutes les directions et mesurent le temps que chaque impulsion met pour revenir jusqu'au récepteur. Connaissant la vitesse de propagation de cette lumière et sa direction, il détermine ainsi la distance du point rencontré dans cette direction. Ces scanners génèrent des nuages de points à grande densité ce qui permet de reconstruire la scène enregistrée. Généralement, ce genre de méthodes nécessite un positionnement fixe pour chaque séance capture. Cependant, couplés avec un système inertiel et de géopositionnement pour définir le mouvement horodaté lors de l'acquisition, ils peuvent fonctionner et attribuer une origine et une destination à chaque impulsion générant tout de même plus de bruit. Les scanners laser 3D Faro Focus et Leica ScanStation s'inscrivent dans ce type de méthodes. Ces méthodes fonctionnent sur des scènes à 360° à des distances qui vont jusqu'à plusieurs centaines de mètres en terrestre ou aérien. Généralement le nuage de point est couplé avec des photographies notamment pour restaurer les valeurs colorimétriques de chaque point du nuage. Ces systèmes fonctionnent avec des solutions logicielles spécifiques qui permettent de manipuler le nuage de points et de l'exporter vers d'autres logiciels de reconstruction 2D ou 3D.

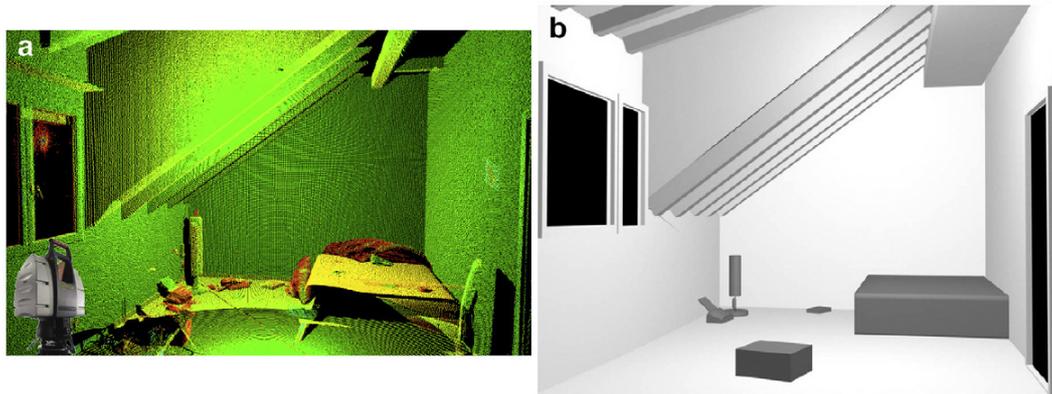


Figure 110 : Reconstruction 3D d'une scène. (a) Nuage de points résultant du scan laser 3D et (b) le modèle 3D de la même scène établi à partir du nuage de point (illustration reprise de Buck, Naether, et al., 2013: 77).

- 4) Les méthodes par lumière structurée : Ces appareils utilisent une méthode active qui projette une lumière structurée (des franges) sur les surfaces. L'analyse des distorsions des franges de lumière sur la surface de l'objet va permettre d'établir un modèle très précis des surfaces de l'objet. Ce genre d'appareil, comme le système ATOS de la marque Gom<sup>TM</sup> est utilisé en médecine légale pour scanner certaines surfaces du corps humain (Buck, Naether, et al., 2007, 2013; Leipner, Obertová, et al., 2019). A nouveau, ces systèmes passent par des logiciels photogrammétriques propriétaires pour combiner les différents scans et générer un modèle 3D exportable.

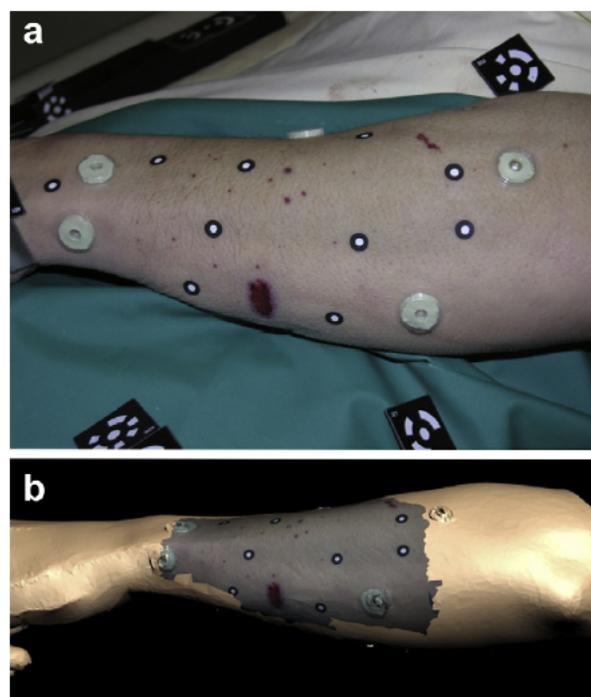


Figure 111 : Reconstruction 3D du bras de la victime et de sa surface par le système ATOS de Gom par lumière structurée texturée à partir d'images photogrammétriques. (a) le bras original et (b) la modélisation numérique 3D (Illustration reprise de Buck, Naether, et al., 2013: 76).

Ces méthodes d'acquisition sont complémentaires et l'application de l'une ou de l'autre voire d'en combiner plusieurs, dépend de la situation et des objectifs de la reconstruction. Elles peuvent être appliquées de manière statique ou être montées sur des dispositifs mobiles comme des drones (Figure 112).

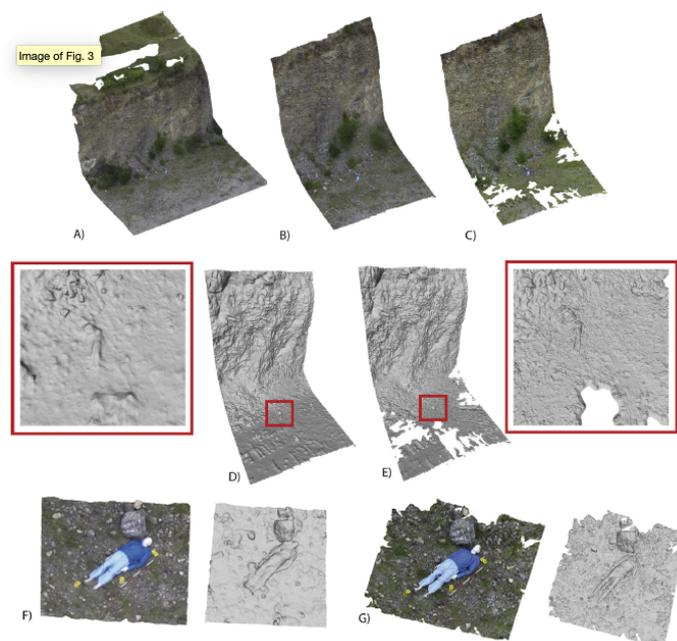


Figure 112 : Reconstruction 3D par photogrammétrie à partir de séquences d'images aériennes produites à l'aide d'un drone (Illustration reprise de Urbanová, Jurda, et al., 2017: 56).

La photogrammétrie par drone est en pleine expansion et son usage en science forensique va probablement prendre de l'ampleur (Pix4D, 2014; Urbanová, Jurda, et al., 2017). Enfin, il est possible d'assembler ces modèles avec d'autres types d'informations (chaleur, hyperspectrale, etc.) acquises simultanément (Edelman et Aalders, 2018; Iersel Van, Veerman, et al., 2009).

Ces différentes méthodes de photogrammétrie ou d'acquisition d'informations spatiales sont très souvent combinées avec la modélisation 3D pour en établir des plans et des volumes tridimensionnels auxquels on peut réattribuer des textures. Même si elle découle d'un travail substantiel et d'un savoir-faire évident, ce type de reconstruction s'insère sur le plan du compte-rendu, et donc au niveau de l'empreinte du tenant-lieu. Elles fonctionnent comme matériel complémentaire voire de substitution à la documentation photographique de l'état des lieux ou d'objet.

### 9.3.2 Sur le plan de l'index photographique

L'enquête judiciaire n'utilise pas seulement les images qu'elle produit elle-même. L'index photographique correspond à toutes les photographies qui n'ont pas, ou qui ont perdu, leur statut d'empreinte. Même à ce niveau externe à l'activité judiciaire, il existe tout de même des activités d'intérêt qui visent principalement à améliorer la qualité ou la récolte de ces index pour un usage judiciaire.

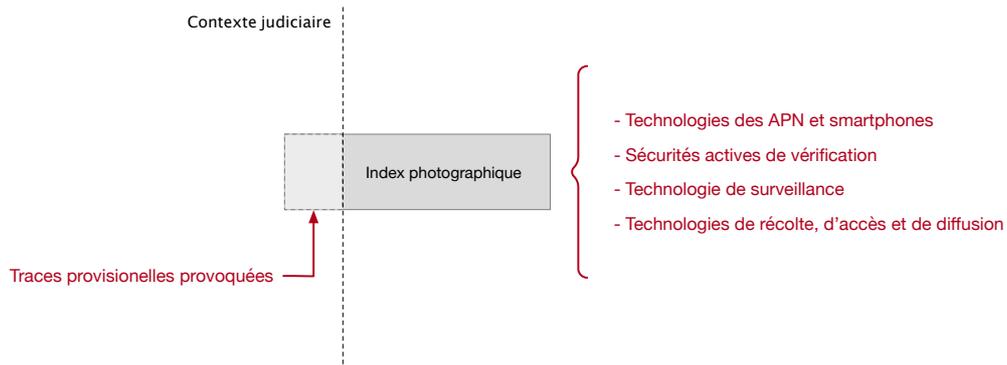


Figure 113: Activités principales de la photographie judiciaire sur le plan de l'index photographique.

## Technologies des appareils photo numériques et des smartphones

Nous avons déjà pu évoquer que la photographie numérique ne correspond plus à un simple enregistrement d'un signal lumineux par un capteur sensible, une partie de sa restitution en image couleur est issue d'une *fabrication* algorithmique post enregistrement. Ainsi, pour produire une photographie, le dispositif numérique est programmé pour suivre un processus plus ou moins complexe de fabrication. Dans une perspective forensique de vérification de l'authenticité, la connaissance de cette production est indispensable à la compréhension de la genèse des traces et index numériques à chercher et à exploiter. Un pipeline de production habituel est présenté dans la Figure 114. Chaque étape de ce pipeline génère des traces qui pourront potentiellement être exploitées lors d'analyses forensiques passives. Cependant certaines de ces traces se superposent les unes aux autres selon le principe de confusion des traces (Kind, 1987: 55). Certaines traces se montrent néanmoins plus robustes que d'autres à l'altération subie par ce cumul de traces produites successivement par les différentes étapes du pipeline de production.

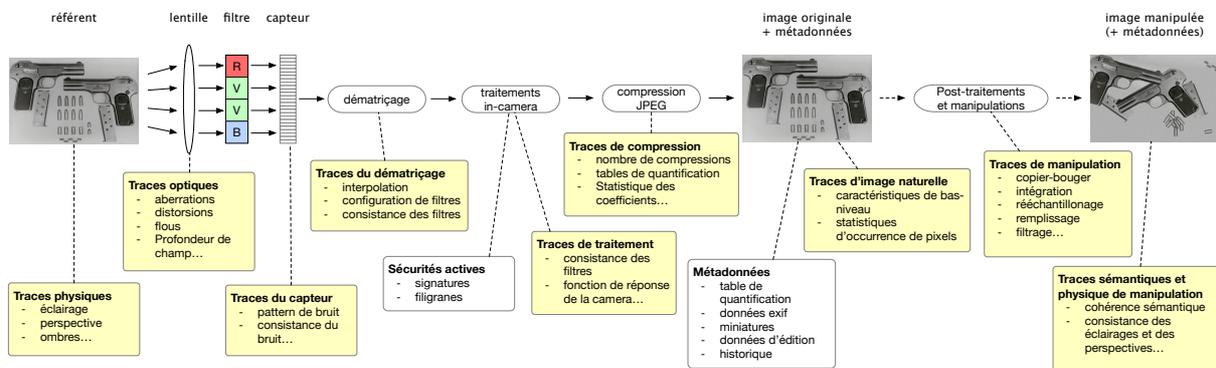


Figure 114: Pipeline de production classique d'une image numérique et les différentes traces (ou index) correspondantes à chaque étape (traduit et adapté de Korus, 2017: 7).

Or, sur le plan de la genèse des images numériques, nous vivons actuellement une nouvelle période de révolution technologique avec l'arrivée des possibilités de l'intelligence artificielle et des capteurs multiples sur les smartphones. Désormais, plusieurs capteurs correspondants à plusieurs points de vue se combinent pour fabriquer algorithmiquement une seule image. La prépondérance de fabrication algorithmique des images augmente de plus en plus pour ajouter des effets et des fonctionnalités manipulant toujours plus le signal électromagnétique trace : le flou des modes *portraits* n'est pas optique,

mais algorithmique à partir de la reconnaissance des visages et exploitant les différents décalages de parallaxe entre les points de vue. Ces nouvelles façons de produire les images de plus en plus fabriquées auront bien entendu des conséquences sur le type de traces exploitables, et donc sur les analyses forensiques passives de vérification de l'authenticité (Korus et Memon, 2019).

#### *Sécurités actives de vérification*

Dans une optique sécuritaire, les systèmes qui garantissent strictement et activement l'authenticité et l'intégrité représentent le scénario idéal. Cependant, de telles sécurités sont vouées à n'être déployées que de manière restreinte dans des contextes particuliers. Il paraît en effet peu envisageable de les imposer à tous les constructeurs d'appareils grand public capables de produire des photographies. C'est pourquoi d'autres stratégies s'attachent à l'index photographique. Le rôle de ces sécurités n'est plus forcément de garantir l'authenticité comme pour l'empreinte du tenant-lieu, mais de faciliter les examens forensiques de vérification d'intégrité et d'authenticité sur ces images.

Les technologies de filigranes numériques représentent un domaine de recherche très dynamique en sécurités actives des images numériques (Egorova et Fedoseev, 2019; Korus, 2017; Lee, Shen, et al., 2018). Il existe trois familles distinctes de filigranes numériques : les filigranes robustes, fragiles et les semi-fragiles (D'Angelo, Cancelli, et al., 2010: 368; Zhao, Bateman, et al., 2011: 140). Les filigranes robustes ont pour but de résister à certaines altérations qui interviennent tout au long du cycle de vie d'une image. Ils sont principalement utilisés pour la protection des droits d'auteurs. D'un autre côté, les filigranes fragiles sont très sensibles à toute altération et permettent ainsi de détecter toute modification. Ces derniers doivent garantir qu'aucune altération n'a pu intervenir sur l'image marquée. Enfin, les filigranes semi-fragiles sont plus robustes aux altérations que les fragiles, comme la compression JPEG par exemple, et sont utilisés pour tenter de différencier des altérations volontaires, c'est-à-dire celles qui ont un impact sémantique, de celles provoquées par un processus normal de traitement par exemple une compression JPEG ou une opération d'amélioration de contraste (Dugelay et Rey, 2002: 616). Le développement de nouveaux types de filigranes plus ou moins robustes ou de stratégies qui combinent plusieurs types de filigranes représente un enjeu de première importance dans les méthodes actives de vérification d'intégrité et d'authenticité des images.

A contrecourant des sécurités actives de vérification basées principalement sur les techniques de filigranes numériques, se développent en parallèle les systèmes anti-forensiques qui tentent de contrer ces sécurités ou d'empêcher la détection des manipulations effectuées (Korus, 2017). Ces outils anti-forensiques visent aussi bien à masquer le ré-échantillonnage et les doubles compressions JPEG (Kumar, Kansal, et al., 2019; Singh, Kansal, et al., 2019), de manipuler l'identification de la caméra source (Chen, Zhao, et al., 2018) que de masquer certains traitements (Böhme et Kirchner, 2013).

#### Technologie de surveillance

La technologie de surveillance vidéo est également en pleine évolution. Après la phase d'expansion de la couverture de surveillance des espaces publics comme les aéroports, les stades, les transports publics, les magasins, etc. qui avait principalement pour but la prévention et la détection humaine des délits ainsi que d'offrir à l'enquêteur une source d'information de plus en plus utilisée (Dessimoz et Champod, 2016: 612), les systèmes sont désormais « intelligents ». Les flux d'images CCTV sont interconnectés, présentent de fortes capacités d'extraction d'information et sont couplés à différents systèmes numériques de traitement automatique de l'information (Adrian, Ismet, et al., 2018) :

- La détection automatique d'événements au sens large (accident, agression, comportement inhabituel) (Lloyd, Rosin, et al., 2017; Muchtar, Rahman, et al., 2019; Perez, Kot, et al., 2019; Shah, Sharma, et al., 2017; Sreenu et Saleem Durai, 2019; Van Huis, Bouma, et al., 2014) ;

- La reconnaissance faciale (Davis, Forrest, et al., 2018; Dessimoz et Champod, 2016; Kumar, Malathi, et al., 2018; Ritchie, White, et al., 2018; Saputra et Amin, 2016; Saraswat et Kushwaha, 2019; Tsifouti, Triantaphillidou, et al., 2015; Valentine et Davis, 2015) ;
- La détection de caractéristiques biométriques comme la hauteur des personnes ou la démarche (Bouchrika, Carter, et al., 2016; Qi, 2018; Zhang et Zhang, 2018) ;
- La détection d'objet comme des armes à feu (De Azevedo Kanehisa et De Almeida Neto, 2019; Docheva, Dochev, et al., 2018; Gelana et Yadav, 2019; Kandavalli et Abraham Lincon, 2019) ;
- le suivi de personnes ou de véhicules (Bedruz, Sybingco, et al., 2018; Bouchrika, Carter, et al., 2016; Edelman et Bijhold, 2010; Pham, Worring, et al., 2007; Van Huis, Bouma, et al., 2014), etc.

Enfin, le flux d'image peut aussi être fusionné en temps réel avec d'autres types de métadonnées injectées en réalité augmentée par ces systèmes connectés : la vitesse des véhicules et leur numéro de plaque, l'identité présumée d'une personne, un signal d'alerte d'une activité anormale, etc.



Figure 115 : Image tirée d'une brochure publicitaire montrant les possibilités de réalité augmentée en temps réel d'un système de surveillance basé sur des images CCTV (IDEMIA, 2019).

### Technologie de récolte, d'accès et de diffusion

La récolte d'index photographiques par l'enquêteur ne se limite largement pas aux dispositifs photographiques physiques ou à la CCTV. Avec la facilité de diffusion des images offerte par Internet et désormais plus particulièrement par les réseaux sociaux, il devient nécessaire à l'enquêteur de connaître les modes de diffusion des images. Ce mode de recherche est d'autant plus important que la recherche porte sur des images qui sont elles-mêmes illégales. Ces images sont échangées et diffusées par les multiples et différentes applications de réseaux sociaux, parfois cryptés et garantissant l'anonymat à leurs utilisateurs, ou dans le Dark Web. A titre d'exemple, une étude sur le Dark Web dresse un constat très sombre avec une estimation à plus de 80% des visites sur le réseau Tor qui concerneraient des images illégales liées à la pédophilie (Greenberg, 2014; Owen et Savage, 2015). La récente problématique de la modération de contenus ultra-violents diffusés par les réseaux sociaux ayant un impact significatif sur la santé psychique des modérateurs illustre malheureusement que ce genre d'images ne sont pas seulement une problématique du Dark Web (Newton, 2019).

## Les traces provisionnelles provoquées

En parallèle à l'exploitation de traces et à la création d'empreinte de tenant-lieu ou d'instanciation de ces traces, les investigations peuvent aussi provoquer certaines traces dans des stratégies bien définies. L'idée est ici de provoquer certaines traces lorsque certains délits se déroulent effectivement et de les exploiter pour différents objectifs : la prévention, la surveillance proactive, l'infiltration, le piège, etc.

La trace provoquée liée à la photographie peut servir comme moyen de prévention lorsque des caméras de surveillance sont disposées et bien visibles (Ribaux, 2014: 215), lorsque des photographes de la police sont dépêchés sur des lieux de manifestation pour prendre des photographies préventivement à tout débordement, etc. Comme surveillance proactive, elles peuvent servir dans la lutte contre la pédophilie par infiltration dans des réseaux identifiés. Comme moyen de sécurité, avec les caméras installées sur chaque distributeur de billets de banque qui permettent a posteriori d'avoir une image de visage correspondant à chaque retrait.

### 9.3.3 Sur le plan des examens d'investigation photographique de l'empreinte d'instanciation primaire

L'empreinte d'instanciation primaire se distingue de celle du tenant-lieu par le fait qu'elle est produite dans le but sémiotique d'attester d'un examen et d'en désigner ses résultats. Elle ne fonctionne plus dans la phase d'extraction en vue de reproduire fidèlement et de manière adéquate le référent, mais opère dans l'exploitation de l'information de la trace. Les activités à ce niveau se distinguent donc essentiellement sur ce point : elles ne montrent plus un compte-rendu, elles désignent le résultat d'un examen. La distinction n'est cependant pas toujours si évidente et peut parfois être discutable et évoluer dans le temps en fonction notamment de l'appropriation de la technique par la société. Nous avons identifié cinq activités principales :

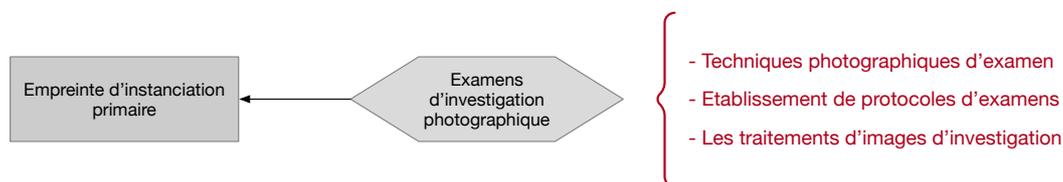


Figure 116: Activités principales de la photographie judiciaire sur le plan des examens d'investigation photographique qui amènent à une l'empreinte d'instanciation primaire.

## Techniques photographiques d'examens d'investigation.

Nous avons déjà pu présenter de nombreuses images issues d'une investigation photographique (Figures 77, 83, 88, 90, 93, etc.). Il faut rajouter à ces images toutes celles de comparaison comme pour les photographies de comparateurs dans le domaine des armes à feu.

Certaines des techniques citées comme empreinte du tenant-lieu pourraient se situer plutôt dans le cadre des techniques d'examens. En effet, la distinction n'est pas évidente entre extraction et exploitation lorsque les photographies utilisent la stratégie communicationnelle de la transcendance comme la luminescence, la macroscopie et la microscopie par exemple.

Parmi les techniques, nous observons ces dernières années, notamment à un certain dynamisme sur la photographie de l'invisible, dans les infrarouges et les ultraviolets (Barrera, Fliss, et al., 2019; Edelman, Hoveling, et al., 2013; Lin, Hsieh, et al., 2007; Maynard, Jenkins, et al., 2009; Miller et Marin, 2015b; Payne, Wallace, et al., 2005; Rowan, Hill, et al., 2010; Sterzik et Bohnert, 2016).

La très haute résolution revient également au premier plan avec le développement de capteurs de plus de 150 millions de pixels, comme ceux proposés par Phase One prévus pour des applications forensiques (Phase One, 2018).

La photographie multispectrale (Keller, 2019) et hyperspectrale (Champod, Margot, et al., 2016: 175; Edelman et Aalders, 2018; Edelman, Gaston, et al., 2012; Edelman, van Leeuwen, et al., 2012, 2015; Martins, Dourado, et al., 2019) se développent pour offrir non seulement des données de représentation photographique, mais également des informations de composition chimique des référents imagés.

La photographie multispectrale est une procédure utilisée pour observer un objet à différentes plages de longueurs d'onde déterminées qui s'étend des infrarouges aux ultraviolets. Cette technique est utilisée notamment dans le domaine de l'art (Dyer, Verri, et al., 2013; Keller, 2019).

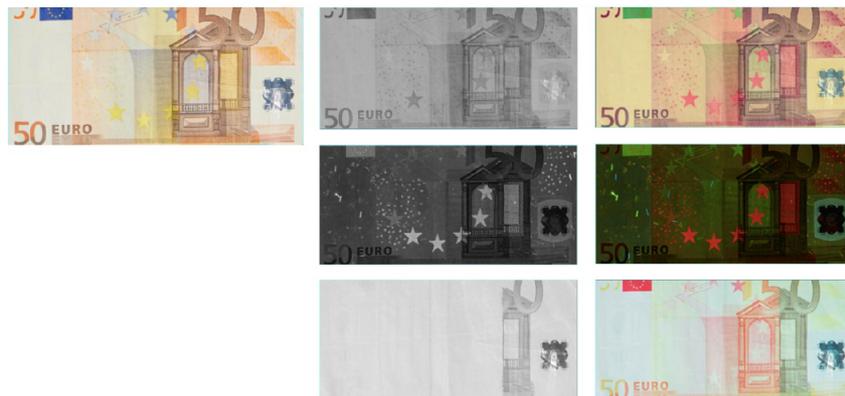


Figure 117: Photographies multispectrales d'un billet de banque (reprises de la présentation de Keller, 2019).

Une image hyperspectrale quant à elle est composée d'un empilement de plusieurs centaines de bandes spectrales adjacentes de quelques nanomètres. Cet empilement permet d'obtenir un échantillonnage continu du spectre lumineux sur la zone traitée qui s'étend des infrarouges aux ultraviolets.

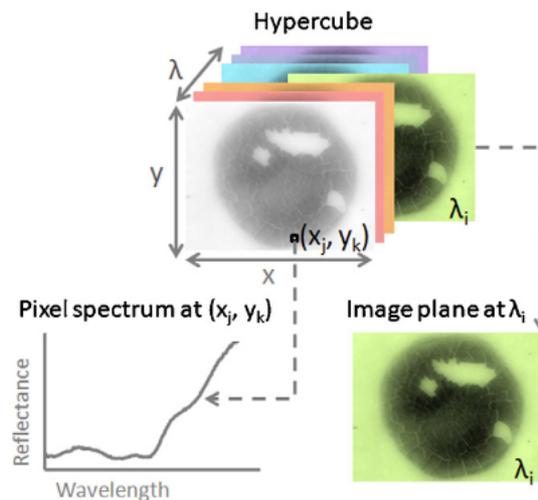


Figure 118 : Principe du fonctionnement de l'imagerie hyperspectrale appliquée à la détection de tache de sang (Edelman, Gaston, et al., 2012: 29).

## Établissement de protocole d'examens

Contrairement aux protocoles de l'empreinte du tenant-lieu photographique qui sont centrés sur la photographie, ces protocoles sont plutôt spécifiques aux types de traces. Ils décrivent comment mener les examens particuliers pour chaque type de traces et dont l'enregistrement photographique fait potentiellement partie.

## Traitements d'images d'investigation

Au-delà du rehaussement d'images relativement traditionnel que nous avons placé sur le plan de l'empreinte du tenant-lieu, il existe d'autres types de traitements qui se rapportent plus à du traitement d'investigation de l'information : le filtrage fréquentiel en transformée de Fourier, de suppression de pattern, etc. Ceux-ci font partie des filtres et algorithmes de traitement du signal.

Ces filtres et algorithmes sont disponibles dans des logiciels scientifiques, par exemple, MATLAB et FIJI (ImageJ) ; dans des bibliothèques de certains langages de programmation comme scikit-image pour le langage Python ; ou intégrés dans des logiciels spécifiques aux usages forensiques comme Amped-Five ou, pour les empreintes digitales : Imaquest<sup>TM</sup>, Fingerprint Forensic Tool<sup>TM</sup>, logiciel NIST<sup>TM</sup> ou DCS 5 Software de Foster and Freeman<sup>TM</sup>.

Ces traitements plus spécifiques et plus pointus, qui transcendent généralement la perception humaine, font l'objet de publications spécifiques, par exemple pour l'amélioration de la qualité de la vue analogique des traces papillaires (Blotta et Moler, 2004; Linke et Deinet, 1998; Moler, Ballarin, et al., 1998; Speir et Hietpas, 2014).

### 9.3.4 Sur le plan des examens d'exploitation de l'empreinte d'instanciation secondaire

L'empreinte d'instanciation secondaire se distingue de la primaire par le fait que l'image n'instancie plus elle-même le résultat d'un examen antérieur, c'est l'examen d'exploitation qui instancie l'image. L'examen est désormais postérieur à l'enregistrement lors duquel l'image s'offre à la lecture pour exploiter l'information visuelle qu'elle contient. L'empreinte d'instanciation ne concerne ainsi plus directement la photographie et son pouvoir mimétique, mais porte sur l'examen qui en est fait.

Généralement, dans le domaine de l'imagerie judiciaire, cet examen aboutit à la création de métadonnées sous la forme d'annotations sur l'image. Ces métadonnées visent la constitution d'un modèle discrétisé de l'information visuelle continue qui sera utilisé pour son interprétation et son évaluation. Nous avons identifié cinq secteurs d'activité principaux sur le plan de l'empreinte d'instanciation secondaire (Figure 119).

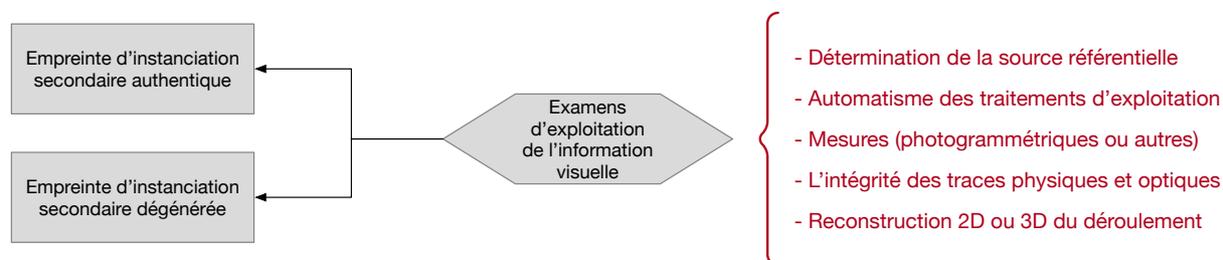


Figure 119: Activités principales sur le plan des examens d'exploitation de l'information visuelle qui amènent à une l'empreinte d'instanciation secondaire. Elle sera authentique si ces examens se basent sur une empreinte et dégénérée dans le cas d'un index photographique.

## La détermination de la source référentielle

La photographie devient une aire de lecture pour tout type d'examen externe en relation avec son référent. Ces examens d'exploitation de l'information visuelle du référent visent à en extraire certaines caractéristiques spécifiques pour en créer un modèle simplifié et discrétisé comme décrit dans la Figure 102.

Dans le cas d'une trace papillaire, ces examens consistent à repérer un dessin général, certains types de minuties, des zones d'intérêt, des formes de bords de crêtes, des configurations de pores, à compter des crêtes, etc. comme dans la Figure 120.

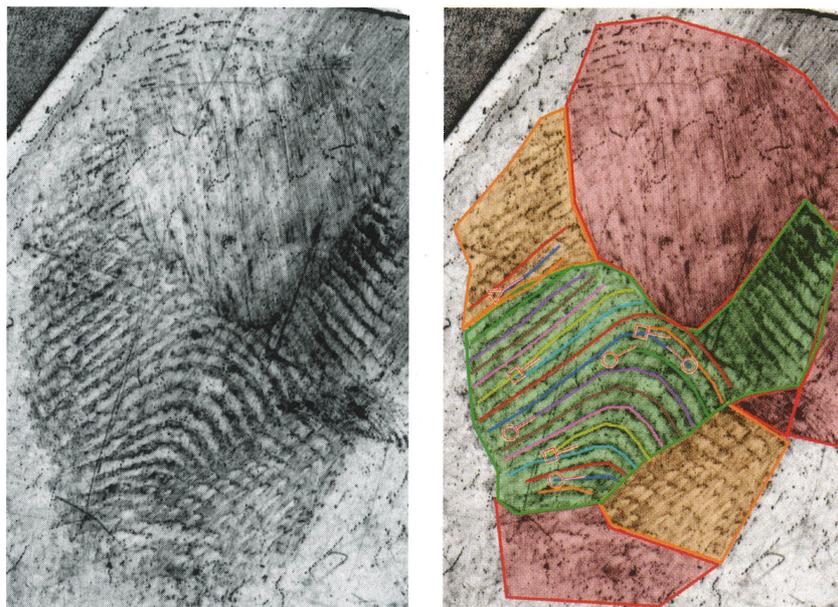


Figure 120 : La distinction entre l'empreinte du tenant-lieu de la trace papillaire référentielle à gauche et l'empreinte d'instanciation de l'examen de cette trace à droite. L'examen instancie par différentes métadonnées : annotations de zones d'intérêt, de lignes de crêtes, de minuties, etc. (image issue du logiciel d'annotation PiAnoS reprise de Champod, Margot, et al., 2016: 47).

Ce genre d'examen externe à la photographie propre à différents domaines de la science forensique suivent généralement aussi certaines méthodes ou procédures spécifiques comme il en existe pour les traces papillaires (SWGFAST, 2010). Cependant, les problématiques traitées peuvent être très diverses, voire inédites. Le modèle de données ainsi créé par ces annotations sera exploité pour poursuivre le processus d'identification de la source.

## L'automatisme des traitements d'exploitation

Reiss soulignait déjà l'importance de l'enregistrement automatique, c'est-à-dire sans la main de l'homme, de la photographie pour son usage par le criminaliste (Reiss, 1903a: 1). L'émergence du numérique permet désormais d'étendre cet automatisme à l'exploitation de l'information visuelle des photographies. La Figure 120 montre en effet les annotations issues d'un examen réalisé par un humain, mais elles pourraient tout à fait être le résultat d'un processus automatique grâce à des algorithmes suffisamment entraînés et fiables de détection et reconnaissance de pattern. De nombreux algorithmes d'automatisation se développent dans différents domaines : nous avons déjà pu citer les systèmes de reconnaissance faciale

couplés à des images de CCTV qui fonctionnent généralement de manière totalement automatique ; pour la comparaison d'empreintes digitales (Cao et Jain, 2019), de projectiles (Hare, Hofmann, et al., 2017; Riva et Champod, 2014), de traces d'outils (Petraco, Chan, et al., 2012), etc. Il faut remarquer que l'automatisme offert par l'informatique et plus particulièrement par l'intelligence artificielle explose dans tous les domaines. Cependant, avec les enjeux étatiques, économiques et sécuritaires liés à ces systèmes automatiques, il est difficile de déterminer exactement l'état de l'art dans ces domaines et les véritables possibilités et la fiabilité de ces systèmes. Il y a aussi potentiellement un décalage entre les possibilités de ces technologies suggérées par certaines séries télévisées populaires et leur efficacité effective (Donald et Donald, 2018).

Dans l'automatisme d'exploitation, il y a généralement au moins deux phases distinctes. La première phase concerne l'extraction du modèle et la seconde l'exploitation de ce modèle pour le confronter, par exemple, à une banque de données. Dans certains domaines comme la reconnaissance faciale, l'automatisme porte généralement sur l'ensemble des deux phases alors que dans d'autres domaines, comme les systèmes de comparaison d'empreintes, l'automatisme se concentre sur la deuxième phase de comparaison à de grandes banques de données laissant l'humain extraire le modèle à comparer.

Il y a généralement deux arguments principaux qui soutiennent le traitement automatique : sa rapidité et son objectivité. Sur le plan de la rapidité, il est clair que l'automatisme et la puissance de calcul actuelle permettent de générer beaucoup de modèles de plus en plus complexes et de les confronter à des banques de données gigantesques parfois même en temps réel. La rapidité reste cependant un facteur plus important dans la deuxième phase de comparaison que dans celle d'extraction du modèle.

Sur le plan de l'objectivité, il y a une nuance essentielle qui distingue l'automatisme photographique de celui algorithmique. Le premier est de l'ordre de la réponse à un signal physique référentiel alors que l'autre est de l'ordre de la décision à partir d'un signal numérique : reconnaître un motif particulier dans une image nécessite un traitement mathématique parfois très complexe pour vérifier que celui-ci remplisse les critères décisionnels pour être reconnu. L'humain n'a aucune possibilité d'enregistrer un signal physique comme la photographie, au mieux il tente de le reproduire par le dessin. Par contre, il est tout à fait capable, au même titre qu'un algorithme qu'il aurait mis au point, de décider de reconnaître un motif. La décision de l'humain se fera principalement sur la base de la vue analogique de l'image alors que l'algorithme traitera l'image photonique, voire fréquentielle. Se pose dès lors la question de savoir si l'algorithme automatique décide « mieux » ou du moins aussi bien que l'humain alors que cette question n'a pas de sens concernant l'automatisme photographique. Ainsi, l'argument de Reiss sur l'impartialité ou l'objectivité de l'automatisme de la photographie ne s'applique pas de la même manière à celui de l'algorithme. Avant de se poser la question de l'objectivité, il faut déjà se poser la question de savoir si les décisions de l'algorithme sont en adéquation avec celles humaines. Ainsi, l'avantage d'un algorithme automatique n'est pas tant d'être objectif, mais d'être reproductible dans le traitement d'un signal numérique. Il ne faut pas confondre les traitements que nous entendons ici avec des traitements de simulations qui anticipent et suivent des lois physiques. Ces dernières ne décident pas, mais appliquent des lois en fonction de paramètres.

### Les mesures (photogrammétriques ou autres)

Dans le cadre de cette activité, l'enquêteur exploite l'information visuelle pour réaliser certaines mesures. Ces mesures peuvent être absolues, mais aussi relatives. Les mesures absolues nécessitent un calibrage en rapport avec la scène référentielle ou les conditions optiques utilisées. Elles exigent donc un étalon interne comme un repère métrique (ou une gamme de couleurs pour des mesures colorimétriques), ou le recours à une technique métrique basée sur les lois de la physique, de la perspective et de l'optique. Dans le contexte des mesures absolues, la photogrammétrie est une solution de choix pour réaliser des mesures *a posteriori* sur la base de l'information visuelle d'index photographiques. Ainsi, plusieurs auteurs

cherchent à déterminer la taille de personnes (Alberink et Bolck, 2008; Edelman, Alberink, et al., 2010; Edelman et Alberink, 2009; Hoogeboom, Alberink, et al., 2009; Johnson et Liscio, 2015; Lee, Lee, et al., 2008; Ramstrand, Ramstrand, et al., 2011; van den Hout et Alberink, 2010), des distances et des vitesses de véhicules lors d'accidents (Epstein et Westlake, 2019; Hoogeboom et Alberink, 2010; Jiao, Miao, et al., 2018; Lanzi, 2009: 117; Žuraulis, Levulytė, et al., 2016), etc. à partir de photographies ou de séquences vidéos de témoins ou de caméras de surveillance non calibrées ni optimisées pour réaliser ce genre de mesures à la volée.

Les mesures absolues ou relatives sont aussi largement utilisées dans les systèmes automatiques lors de l'établissement du modèle. Les systèmes de reconnaissance faciale commencent par la détermination du motif de certains éléments clés d'un visage comme les yeux et le nez. Cette détermination faite, le système réalise des mesures relatives pour construire un modèle complexe à partir de l'information visuelle. L'ensemble des systèmes anthropométriques automatiques couplés au CCTV qui extraient en temps réel des modèles spécifiques pour déterminer l'identité, la hauteur ou la démarche fonctionnent selon ce principe basé sur des mesures plus ou moins complexes permettant de construire le modèle.

### L'intégrité des traces physiques et optiques

Certaines vérifications de l'intégrité du contenu de l'image passent par l'analyse de traces physiques et optiques laissées par la scène référentielle et contenues dans la photographie. Selon Korus (Korus, 2017: 8), ce genre d'analyses peut notamment porter sur la consistance :

- de l'éclairage et des ombres (Carvalho, Faria, et al., 2016; Carvalho, Riess, et al., 2013; Farid, 2009; Johnson et Farid, 2007; Liu, Cao, et al., 2011; Peng, Wang, et al., 2017; Riess, Unberath, et al., 2017; Tuba, Jovanovic, et al., 2017; Wei, Xiaochun, et al., 2009) ;
- de la perspective (Conotter et Boato, 2010; Iuliani, Fabbri, et al., 2015; Yao, Wang, et al., 2012; Zhang, Cao, et al., 2010);
- des reflets des objets (Cristin et Cyril Raj, 2017; O'Brien et Farid, 2012; Wengrowski, Sun, et al., 2018) ;
- des flous de profondeur de champ ou de mouvement (Bahrami, Kot, et al., 2015; Kakar, Sudha, et al., 2011; Rao, Rajagopalan, et al., 2014) ;
- du système optique utilisé, de ses défauts ou de ses aberrations (Chennamma et Rangarajan, 2010; Johnson et Farid, 2006).

### Reconstruction 2D ou 3D du déroulement

La reconstruction du déroulement utilise exactement les mêmes méthodes et techniques que celles du tenant-lieu, mais elles servent dans ce contexte à établir un résultat qui fait suite à un examen. Ces représentations exploitent l'information à disposition pour reconstruire non plus les entités de la scène, mais pour vérifier des hypothèses sur le déroulement du fait (Lanzi, 2009: 147). Ce type de reconstruction est courante dans le domaine des accidents non plus comme compte-rendu des lieux de l'accident, mais pour vérifier les hypothèses sur les circonstances de cet accident (Barazzetti, Sala, et al., 2012; Bolliger, Buck, et al., 2012; Buck, Naether, et al., 2007; Jiao, Miao, et al., 2018). Elle se base dès lors sur plusieurs types d'informations issues de la scène, de simulations de calculs de vitesse, des dégâts des véhicules et blessures des personnes comme dans l'exemple présenté dans la Figure 121.

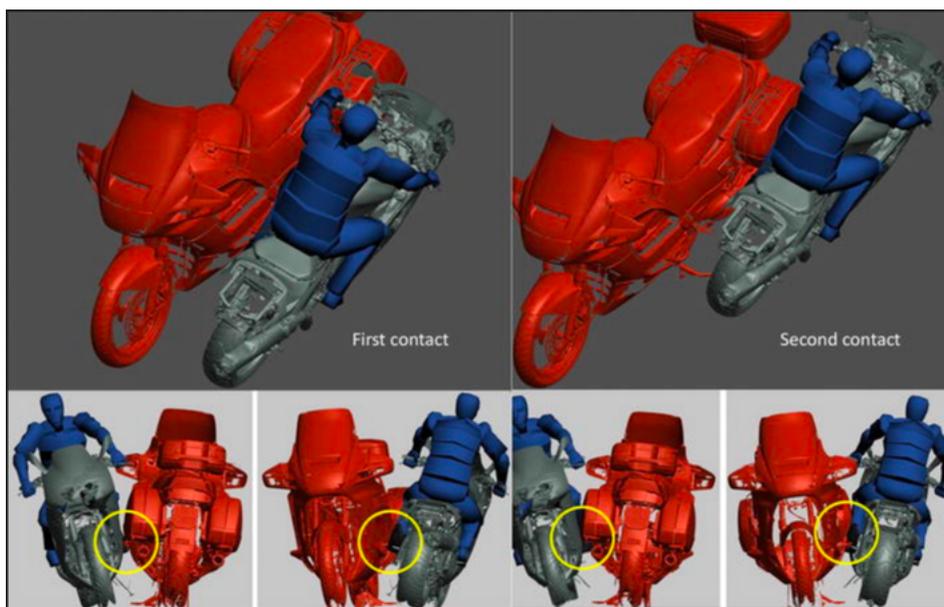


Figure 121 : reconstruction 3D du déroulement d'un accident entre deux motos. La reconstruction vise à tester certaines hypothèses sur le déroulement pour expliquer les blessures observées sur la victime (Bolliger, Buck, et al., 2012: 215).

Cependant, ce genre de reconstruction ne se limite pas aux accidents, mais peut servir à vérifier des hypothèses dans toute sorte d'événements : incendie (Delémont, 2005), reconstitution de chutes (Wach et Unarski, 2014), déroulement de crimes (Buck, Naether, et al., 2013), détermination d'orientations de tirs de projectiles (Colard, Delannoy, et al., 2013; Puentes, Taveira, et al., 2009), les objets à l'origine de blessures (Fahrni, Delémont, et al., 2019; Brüscheweiler, Braun, et al., 2003; Thali, Braun, Markwalder, et al., 2003; Thali, Braun, Brüscheweiler, et al., 2003), l'évaluation des conditions de vision (Leipner, Dobler, et al., 2017).

### 9.3.5 Sur le plan des examens forensiques de l'empreinte d'instanciation secondaire dégénérée.

Nous venons de décrire différents examens qui exploitent l'information visuelle référentielle de la vue analogique de la photographie ou de leurs équivalents automatiques. Les examens forensiques des images portent, quant à eux, sur l'objet photographique lui-même : sa matérialité, son fichier numérique, sa structure, sa source, son état, ses métadonnées, son intégrité et son authenticité. Le domaine des examens forensiques des images marque ici un rapprochement avec le domaine de l'investigation des traces numériques. La majorité de ces examens n'existaient pas sous leur forme actuelle avant l'apparition du pipeline de production des images numériques mis en évidence dans la Figure 114. La problématique principale de ces examens concerne la vérification de l'authenticité de l'image dont nous avons pu dresser un inventaire dans la Figure 107. Les différents examens sont à mettre en rapport avec les différents types de traces et d'index qui se créent durant le pipeline de production des images photographiques. Même si dans ces deux figures, ces examens sont abordés principalement sous l'angle de la vérification de l'authenticité, ceux-ci peuvent tout à fait avoir d'autres fonctions pour l'enquête : les métadonnées peuvent être utilisées pour reconstruire la séquence temporelle et spatiale d'un événement, l'individualisation de la caméra source non pas comme validation d'authenticité de l'image, mais comme outil de recherche de l'auteur de l'image, etc.

Nous avons identifié les trois pôles principaux d'activités suivants qui concernent ce type d'examen.

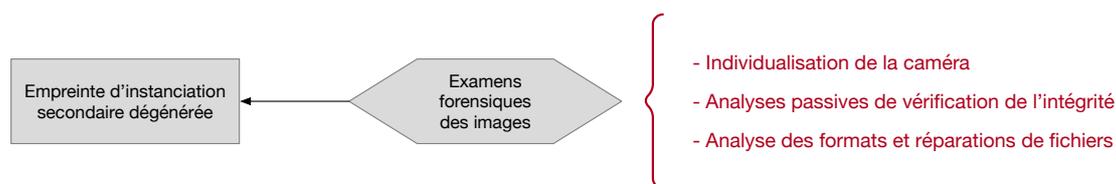


Figure 122 : Activités principales des examens forensiques des images qui amènent à une l'empreinte d'instanciation secondaire dégénérée par le fait qu'elles se basent sur des photographies dont le statut est celui d'index photographique.

## Identification de la caméra

Trois types de traces sont utilisés pour la détermination de la source d'une photographie (Jahanirad, Wahab, et al., 2016: 248). Premièrement, les traces issues du capteur numérique: Parmi ces traces, l'analyse du bruit spatial des non-uniformités de réponse du capteur sous illumination communément abrégé PRNU (pour Pixel Response Non-Uniformities) est la méthode la plus utilisée (Chen, Fridrich, et al., 2008; Goljan, Fridrich, et al., 2009; Hu, Jian, et al., 2010; Jahanirad, Wahab, et al., 2016; Kang, Li, et al., 2012; Khapare et Phalke, 2017). Cependant, d'autres méthodes existent qui exploitent certains défauts des capteurs ou les poussières (Dirik, Seneor, et al., 2008; Geradts, Bijhold, et al., 2001).

Deuxièmement, certaines recherches s'intéressent aux traces optiques qui exploitent principalement les distorsions de lentilles (Choi, Lam, et al., 2006a, 2006c; Hwang, Kim, et al., 2017) ou les aberrations chromatiques (Gloe, Borowka, et al., 2010; Van, Emmanuel, et al., 2007).

Enfin, certaines traces provenant des traitements internes de la caméra sont aussi exploitées afin de déterminer la source par des méthodes statistiques (Gloe, 2012; Hu, Li, et al., 2010; Meng, Kong, et al., 2008) ou des analyses de consistance des opérations de dématrîçages ou de compression JPEG (Bayram, Sencar, et al., 2005; Cao et Kot, 2010; Choi, Lam, et al., 2006b).

## Analyses passives de vérification de l'intégrité des images

Dans la taxonomie des examens liés à l'authenticité de l'image présentée dans la Figure 107 nous avons pu distinguer quatre familles d'analyses numériques passives qui s'intéressent à des traces ou des index différents :

- (1) Les analyses des traces d'acquisition. Celles-ci concernent notamment :
  - a. Le PRNU, non seulement utilisé pour déterminer la source, mais aussi pour détecter des manipulations locales grâce à une modification ou une inconsistance du motif attendu et pour estimer les possibles recadrages ou redimensionnements (Chakraborty et Kirchner, 2017; Chierchia, Parrilli, et al., 2011; Chierchia, Poggi, et al., 2014; Korus et Huang, 2017) ;
  - b. Les inconsistances d'autres types de bruits issus de la capture (Mahdian et Saic, 2009; Pan, Zhang, et al., 2012; Yao, Wang, et al., 2017) ;
  - c. Les inconsistances dans les opérations de dématrîçage de restitution des couleurs qui doivent suivre de manière cohérente le motif de la matrice de filtres colorés (CFA pour Color Filter Array) positionnée juste devant les capteurs numériques (Dirik et Memon, 2009; Ferrara, Bianchi, et al., 2012; Kirchner, 2010; Popescu et Farid, 2005) ;
  - d. La compression JPEG qui reste le format incontournable de l'imagerie numérique et qui offre de multiples possibilités de vérifications notamment sur les coefficients de la

transformée en cosinus discrète (DTC : Discrete Cosinus Transform), sur la table de quantifications utilisée lors de la compression ou sur l'étude des multiples compressions (Bianchi, De Rosa, et al., 2011; Bianchi et Piva, 2012; Huang, Huang, et al., 2010; Li, Yuan, et al., 2009; Lin, He, et al., 2009; Yang, Xie, et al., 2014) ;

- e. Les traitements in-camera d'amélioration de l'image (Hsu et Chang, 2010; Swaminathan, Wu, et al., 2008)
- (2) Les analyses des traces de manipulation qui ont une influence sur l'intégrité de l'image. Il existe plusieurs types de manipulations d'images dont les plus fréquentes sont :
- a. La duplication d'une zone dans une même image (copy-move). Ce genre de manipulation est utilisée par exemple pour masquer une autre partie de l'image ou simplement pour dupliquer l'élément en question (Al-Qershi et Khoo, 2013; Amerini, Ballan, et al., 2011; Ardizzone, Bruno, et al., 2015; Bi, Pun, et al., 2016; Christlein, Riess, et al., 2012; Rao et Ni, 2017; Thirunavukkarasu, Satheesh Kumar, et al., 2018) ;
  - b. L'intégration d'éléments externes (splicing) se distingue de la duplication par le fait que l'élément provient d'une autre image. (Asghar, Habib, et al., 2017; Han, Park, et al., 2016; Hsu et Chang, 2010; Li, Ma, et al., 2017; Pan, Zhang, et al., 2012; Pun, Liu, et al., 2016; Yao, Wang, et al., 2017) ;
  - c. Le remplissage (inpainting) consiste non plus à dupliquer une partie de l'image, mais de remplir une zone en s'inspirant du contenu existant de l'image. De plus en plus de logiciels d'édition d'image offrent cette fonctionnalité de remplir ou « peindre » une partie de l'image en se basant sur le contenu proche de la zone traitée. De cette manière, la partie peinte par le logiciel ne correspond plus à une duplication (Chang, Yu, et al., 2013; Liang, Yang, et al., 2015).
  - d. Le ré-échantillonnage (resampling) correspond aux opérations de rotation et de redimensionnement. Lorsqu'un élément interne ou externe est intégré à une image, il est souvent nécessaire de le redimensionner, de le tourner ou de le transformer pour l'intégrer de manière réaliste et imperceptible dans la vue analogique. Ces opérations amèneront certaines inconsistances dans le signal provoqué par un ré-échantillonnage différent du reste de l'image au niveau photonique ((Bunk, Bappy, et al., 2017; Kirchner, 2008; Mohammed, Bunk, et al., 2018; Prasad et Ramakrishnan, 2006).

La détection de ces manipulations est une des préoccupations majeures pour toute une communauté de chercheurs. Les publications sur ces méthodes de détection de manipulation d'image fleurissent en nombre depuis plusieurs années et ont une approche du problème généralement plus mathématique que forensique. La validité, la robustesse et la diversité d'usage de ces méthodes sont très variables : certaines méthodes sont très spécifiques et restent confinées à un contexte d'utilisation précis difficilement transposable en dehors du contexte du laboratoire de recherche. Ainsi, même si de nombreuses méthodes de détection passives de manipulation se développent et font l'objet de publications, aucune n'offre encore actuellement une solution complètement satisfaisante à la résolution de situations réelles complexes sur le plan de la fiabilité et de l'interprétation des résultats (Korus, 2017: 20). Cependant, certains logiciels libres ou commerciaux font leur apparition sur le marché depuis quelques années. Ces logiciels comme Amped Authenticate (2019), Ghro (2019) ou Pizzaro (Kamenicky, Bartos, et al., 2016; Pizzaro, 2014) regroupent de multiples solutions d'analyse de différentes traces qu'il serait intéressant d'évaluer dans des situations d'analyses d'images réelles.

- (3) Les analyses des traces laissées par les méthodes anti-forensiques. Certaines techniques, de filtrage par exemple, sont utilisées pour masquer certaines traces de manipulation pour que celles-ci ne soient pas ou moins bien détectées par les analyses passives que nous venons de

décrire. Cependant ces méthodes anti-forensiques laissent à leur tour d'autres traces exploitables pour mettre en évidence une manipulation. Plusieurs recherches mettent en avant les méthodes anti-forensiques possibles (Böhme et Kirchner, 2013; Fan, Wang, et al., 2014; Kumar, Kansal, et al., 2019; Mayer et Stamm, 2015; Singh, Kansal, et al., 2019; Wu, Stamm, et al., 2013) alors que d'autres s'intéressent à la détection des traces laissées par ces dernières ou à annuler leurs effets (Korus, 2017; Liu, 2017; Valenzise, Nobile, et al., 2011; Yu, Zhan, et al., 2017; Zeng, Qin, et al., 2014).

- (4) Les analyses des métadonnées. Les dispositifs photographiques numériques, les logiciels d'édition, les systèmes d'exploitation gèrent automatiquement de nombreux index textuels sous la forme de métadonnées : données EXIF de capture, XMP, GPS, historique de traitement, dates, miniatures, etc. Ces métadonnées peuvent aussi bien être intégrées à l'intérieur du fichier numérique ou être externes. Celles-ci peuvent donner beaucoup d'informations à interpréter, potentiellement très utiles à l'investigation judiciaire : date et lieu de prise de vue, numéro de série de la caméra, conditions d'exposition, nom du logiciel d'édition, etc. (Alanazi et Jones, 2016; Bharati, Moreira, et al., 2019; Fernandez et Pandian, 2019).

### Analyse des formats et réparations de fichiers

Les méthodes et analyses que nous avons évoquées jusqu'ici ne fonctionnent généralement que pour des images dont le fichier numérique est complet, disponible et ouvrable. Il existe aussi d'autres méthodes qui s'intéressent cette fois spécifiquement aux fichiers effacés, non référencés dans le système de fichier, incomplets ou corrompus. Ces fichiers ne sont plus forcément complets et exploitables par les moyens habituels et nécessitent d'autres approches pour exploiter l'information fragmentaire restante de l'image. Ces méthodes dites de « carving » s'inscrivent désormais dans une perspective de restauration de l'information. Le carving de fichiers JPEG a donc pour objectifs, d'une part, d'identifier des fichiers JPEG non référencés par le système de stockage en analysant les données brutes du support informatique à la recherche d'entêtes ou de contenus spécifiques au format JPEG et, d'autre part, de tenter de recomposer l'information retrouvée généralement partielle et fragmentée. Il existe plusieurs techniques de carving adaptées à la restauration d'image (Ali et Mohamad, 2019; Ali, Mohamad, et al., 2018; Alshammary et Hadi, 2016; Cohen, 2008; Guo et Xu, 2011; Tang, Fang, et al., 2016).

### 9.3.6 Sur le plan des empreintes argumentaires

Nous avons abordé jusqu'ici les empreintes qui s'inscrivent principalement dans le chapitre I du processus d'une investigation judiciaire à savoir le problème de trouver. L'empreinte argumentaire quant à elle se rapporte désormais aux chapitres II et III à savoir respectivement les problèmes d'évaluer et d'argumenter. C'est sur ce nouvel acte sémiotique que se matérialise l'importance communicationnelle de l'empreinte et de l'ensemble de ses fondements décrits jusqu'ici. Nous avons déjà largement abordé la problématique de l'empreinte argumentaire et de sa logique de fonctionnement dans les chapitres précédents. L'étude de l'empreinte argumentaire liée à l'image photographique est une problématique complexe et vaste qui dépasse le cadre de ce travail et qui peut être spécifique aux types de problématiques traitées. En effet, on peut imaginer que l'on n'argumente pas visuellement de la même manière à propos d'une individualisation d'une trace papillaire que sur la vérification de l'authenticité d'une photographie. Il faut distinguer la question de l'empreinte argumentaire de celle de l'admissibilité de la photographie au tribunal qui ne se place pas dans le même registre. La question de l'admissibilité ne correspond pas à un acte sémiotique, mais à une étape de contrôle du respect de certains critères qualitatifs ou procéduraux de l'empreinte photographique.

Une étude sur l’empreinte photographique argumentaire devrait couvrir les deux chapitres II et III sur les problèmes d’évaluer et d’argumenter. Nous identifions deux orientations principales à une telle étude : l’automatisme d’évaluation et le rôle argumentaire de la photographie.

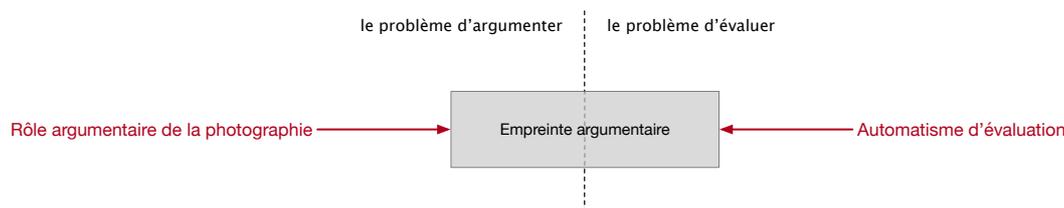


Figure 123 : Activités principales liées à l'empreinte argumentaire.

## L'automatisme d'évaluation

L'automatisme ne s'arrête pas à l'empreinte d'instanciation avec la reconnaissance de motifs permettant l'extraction de modèles d'information ou la comparaison de ces modèles à des banques de données. L'évaluation de la force d'une correspondance peut aussi être estimée automatiquement par des algorithmes et modèles statistiques en fonction de certaines informations spécifiques du modèle extrait. Cette évaluation automatique peut prendre la forme de scores de correspondance organisés selon un classement. Ces évaluations automatiques sur la base de scores font partie intégrante des systèmes de recherche dans des banques de données comme les systèmes biométriques de reconnaissance faciale ou de comparaison d'empreinte, etc. Dans ces systèmes, la position dans le classement, la valeur du score et la différence entre scores donnent une indication sur la force de la correspondance. L'évaluation automatique peut aussi prendre la forme d'un rapport de vraisemblance entre deux propositions mutuellement exclusives. Ce genre d'évaluation se développe notamment pour les traces papillaires. L'information extraite manuellement ou automatiquement lors de l'examen d'exploitation des images permet le calcul, sur la base de modèles statistiques, d'un rapport de vraisemblance sur la force de l'association lors d'une comparaison (Champod, Margot, et al., 2016: 111-114).

## Le rôle argumentaire de la photographie

La question de l'usage de la photographie au tribunal est souvent traitée sous l'angle de l'admissibilité ou selon des considérations pratiques ou procédurales (Robinson, 2010: 569-626; Weiss, 2009a: 496; Blitzer et Jacobia, 2002: 221-234), mais pas vraiment sous son angle argumentaire. Nous avons cependant pu mettre en évidence que la photographie, par certaines stratégies communicationnelles, peut être utilisée comme argument soutenant un discours : pour montrer une prise de position ou même démontrer la véracité d'un fait. L'usage argumentaire de la photographie au tribunal reste un domaine, à notre connaissance, qui reste peu étudié, car, saturé par son statut d'empreinte, il n'est pas remis en cause (Mengual, 2012: 139). Cependant, avec l'émergence de l'automatisme d'évaluation et de l'utilisation argumentaire du rapport de vraisemblance, le chiffre ne remplace-t-il pas peu à peu le discours et l'image dans leur fonction argumentaire ? Si par le passé, le discours était l'élément principal de l'argumentation justifiée par la force de conviction de la photographie et par la science des chiffres et des données statistiques, nous observons actuellement potentiellement un renversement. Le discours et l'image ne se concentreraient plus qu'à la justification du chiffre devenu l'instrument argumentaire principal. L'hypothèse d'un tel renversement des rôles dans l'argumentation mériterait d'être évaluée dans une étude sur l'évolution du problème d'argumenter dans le contexte de l'investigation judiciaire et des conséquences d'un tel renversement. Une des conséquences possibles correspond, à terme, à la déshumanisation ultime par l'automatisme argumentaire : le chiffre se suffisant à lui-même comme argument.

## 10 Récapitulatif et remarques conclusives sur l'imagerie judiciaire

Dans la première partie de ce travail, nous nous sommes efforcés d'établir un modèle de fonctionnement sémiotique du signe photographique. La question de cette deuxième partie s'est concentrée sur la photographie judiciaire et sur ce qui la distingue et la rend particulière. Par une reconstruction systématique des fondements de la photographie ou au sens plus large, l'imagerie judiciaire, nous avons pu argumenter sur la thèse que nous défendons dans ce travail : celle-ci repose sur une notion fondatrice essentielle, sous-jacente et transversale, le statut conventionnel de l'empreinte.

Ce statut conventionnel s'est construit sur la base de règles normatives contextuelles : le suivi de protocoles, le raisonnement indiciare, l'objectivité, l'exactitude, la préservation, la détermination référentielle, l'optimisation, la science de l'investigation, le savoir-faire, etc. Ces règles sont motivées par certaines stratégies communicationnelles spécifiques.

Nous avons pu distinguer plusieurs types d'empreintes qui s'inscrivent dans différentes phases de l'investigation judiciaire et qui font suite à certaines classes d'examen. Grâce à cette contextualisation dans les différents chapitres de l'enquête, nous avons pu établir une cartographie générale de l'imagerie judiciaire. Nous avons utilisé cette carte comme structure de travail pour une revue bibliographique importante, mais non exhaustive, afin de dresser un portrait des activités et centres d'intérêt principaux de l'imagerie judiciaire que nous pouvons résumer ci-dessous.

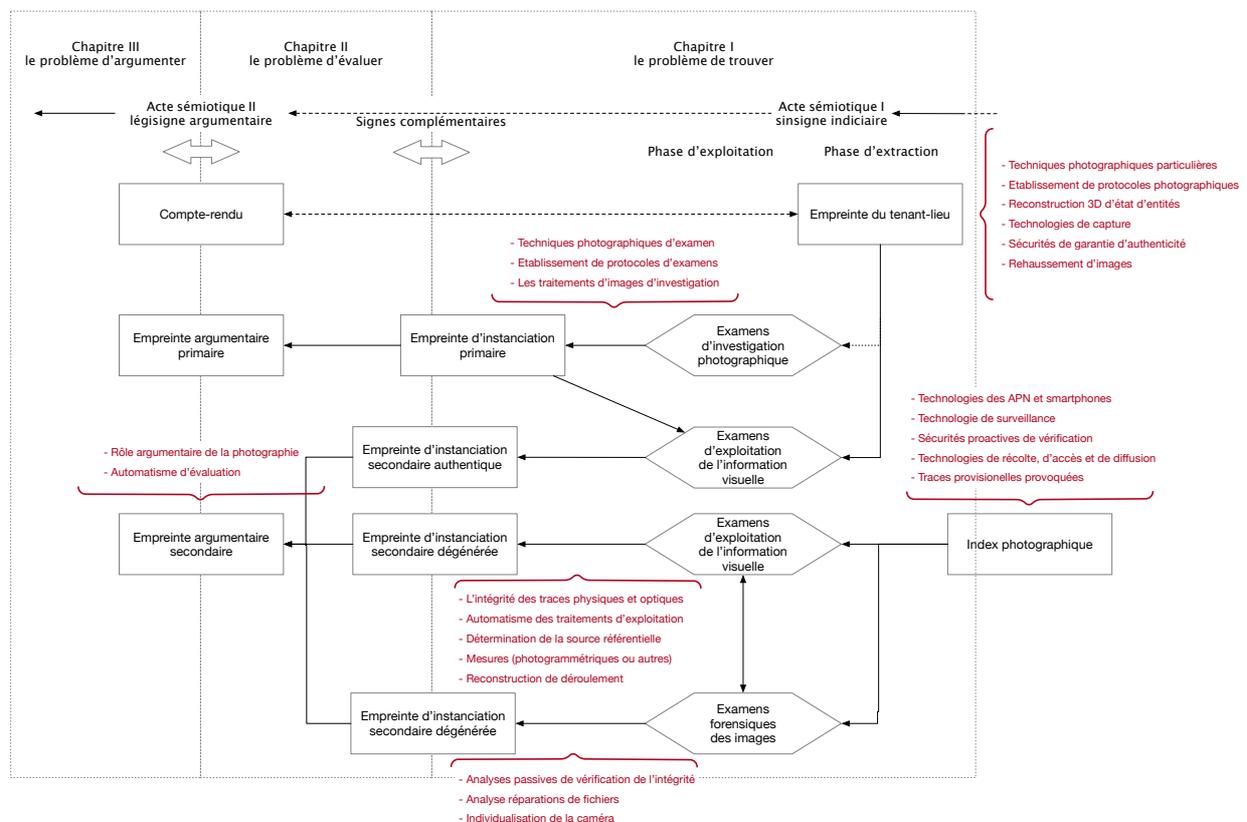


Figure 124: Cartographie de l'imagerie judiciaire et de ses centres d'intérêt.

Cette cartographie donne une vision d'ensemble de la diversité des activités et des problématiques que l'on peut associer à l'imagerie judiciaire ainsi que des compétences nécessaires pour répondre à cette diversité. Nous nous servirons de cette carte dans la troisième partie de ce travail pour pouvoir situer précisément dans quel contexte s'insèrent les activités pédagogiques que nous y aborderons.



Partie III :

l'ingénierie pédagogique  
de l'imagerie judiciaire,  
une approche par projets

---



« Notre institut forme des policiers techniciens et des experts judiciaires ; l'enseignement est essentiellement pratique et nous cherchons à développer chez nos élèves l'esprit d'initiative et le sentiment de responsabilité. [...] Les étudiants travaillent dans nos laboratoires spéciaux tous les jours pendant trois ans. Ils y apprennent pratiquement à fond : la photographie judiciaire dans toutes ces applications, photographie des lieux, photographie métrique, reproduction de traces, empreintes, objets, documents, armes, blessures, etc., microphotographie, photographie des couleurs, séparation photographique des couleurs, photographie de l'invisible [...], photographie signalétique, etc. » (Bischoff dans Rechter, 1921: 5).

Nous pouvons apprécier dans cette citation de l'ancien directeur de l'Institut de police scientifique de Lausanne (aujourd'hui appelé École des sciences criminelles) le lien étroit entre la photographie et l'enseignement de la criminalistique qui y est dispensé. Ce lien n'est certainement pas étranger à Archibald Reiss, fondateur de cet institut en 1909, passionné de photographie et pionnier de l'imagerie judiciaire. Il souligne aussi que la photographie n'est pas qu'un acte communicationnel, mais encore un acte d'investigation qu'il faut apprendre à maîtriser et à exploiter. Ce n'est donc pas un hasard si nous contextualisons tous les projets au modèle pédagogique de l'École des sciences criminelles. Ce modèle propose une approche généraliste de la science forensique centrée sur l'étude de la trace et dans laquelle la photographie occupe toujours une place importante.

Cette troisième partie n'a pas de visée théorique en pédagogie, mais s'inscrit dans une approche pragmatique des besoins et de l'utilité de la photographie dans l'enseignement de la science forensique tel qu'abordé à l'École des sciences criminelles. Sa maîtrise fait appel à un enseignement de l'imagerie judiciaire, alors que son exploitation vise un apprentissage par l'imagerie judiciaire.

Les projets éducatifs imaginés ou mis en place que nous décrirons ont tous en commun de s'inscrire dans une pédagogie à l'ère du numérique. Nous précisons donc, dans un premier temps, ce que nous appelons, comme d'autres (Lameul et Loisy, 2014: 18), la *pédagogie numérique*, terme plus large et englobant la notion d'e-learning. Si chaque projet, pris indépendamment, est le fruit d'une collaboration entre plusieurs acteurs, dont celui d'ingénieur pédagogique que le soussigné a occupé, considérés globalement, ils entrent dans l'évolution de cette recherche sur l'imagerie judiciaire.

## 11 Le contexte pédagogique

Développer un contexte pédagogique sous-entend une vision et une approche particulière de la pédagogie. Pour établir ce contexte, certaines notions sont initialement définies et un modèle de compréhension de la pédagogie dans lequel l'inscrire est choisi. L'intention ici n'est pas de tenir un discours théorique sur le pédagogique, mais d'esquisser brièvement une image du contexte dans lequel s'inscrivent les projets décrits.

### 11.1 Le changement de paradigme pédagogique : de la transmission à la facilitation

Pour comprendre le contexte pédagogique, la schématisation du triangle pédagogique proposé par Houssaye (1988) est régulièrement utilisée.

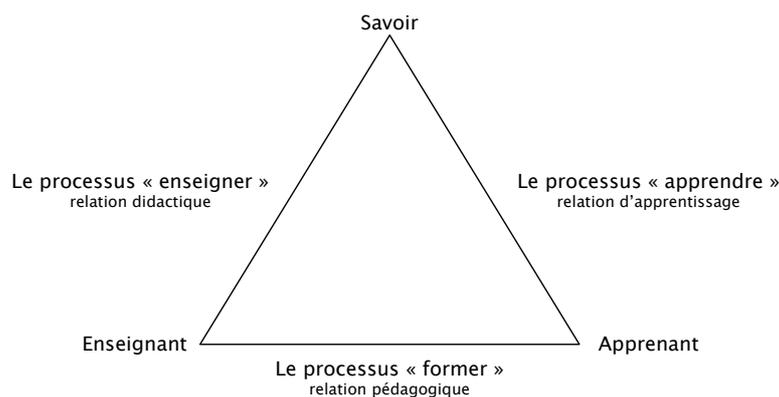


Figure 125 : Le triangle pédagogique selon Houssaye (1988).

Ce triangle permet de définir d'une part trois acteurs principaux qui occupent les trois sommets du triangle : l'enseignant, l'apprenant et le savoir visé. D'autre part, il identifie trois processus distincts représentés par les côtés (axe) du triangle qui lient les différents acteurs : enseigner, former et apprendre.

Dans ce modèle, selon Houssaye (1988), toute situation pédagogique privilégie un seul axe reliant deux acteurs, le troisième acteur prenant un rôle que l'on peut associer au « mort » dans le jeu du bridge : il abat ses cartes qui sont jouées par le déclarant du contrat à atteindre.

C'est le côté privilégié qui va dicter les différentes postures de chaque acteur de la partie.

- L'axe du processus « enseigner » favorise les modèles de transmission traditionnels du savoir à l'apprenant, comme le cours magistral.
- L'axe du processus « former » favorise la relation pédagogique entre l'enseignant et l'apprenant, laissant le contenu de côté. L'axe former contient les pédagogies non directives qui donnent une place importante au dialogue et à la relation entre l'enseignant et l'apprenant.
- L'axe du processus « apprendre » favorise l'autonomie et la participation active à la construction de son propre apprentissage. Il correspond aux modèles centrés sur l'autoformation ou sur l'apprentissage avec les pairs. L'enseignant prend désormais la place du « mort » et devient un facilitateur qui a pour mission essentielle de mettre en œuvre un environnement favorable à l'apprentissage.

Cette schématisation simple permet de contextualiser les positions de différentes postures pédagogiques dans le triangle. Il illustre également la différence de perspectives entre les verbes enseigner et apprendre, qui implique un changement fondamental du rôle de l'enseignant et de l'apprenant. Le processus « enseigner » implique pour l'enseignant la charge de transmettre le savoir à des apprenants jouant le rôle du « mort », alors que le processus « apprendre » impose à l'apprenant d'être actif dans la construction de son savoir et à l'enseignant d'occuper le rôle « du mort ». Il ne faut pas comprendre ce rôle comme une forme de passivité. L'apprenant peut tout à fait être actif dans un cours magistral, en posant des questions, en structurant des notes, cependant ce n'est pas lui qui décide la façon de jouer ses cartes. Le contrôle de l'enseignement des savoirs revient à l'enseignant. De même, l'enseignant n'est pas passif dans son rôle du mort, c'est grâce à son jeu que l'apprenant peut mettre en œuvre sa stratégie d'apprentissage dont il prend le contrôle.

C'est en déplaçant le point de vue de l'axe « enseigner » vers celui « d'apprendre » qu'intervient le changement de posture et des conceptions pédagogiques de l'enseignant. Cela passe par la transmission

du savoir à la facilitation de l'acquisition des savoirs par l'apprenant (Carré, 2011: 425). Nous nous permettrons de mettre de côté l'axe « former » qui a moins de sens dans le contexte de notre travail.

Le positionnement de sa propre pédagogie est un exercice qui permet de se situer parmi les différents courants et d'endosser le rôle adéquat.

## 11.2 Les grands courants psychologiques de l'apprentissage

Plusieurs courants de pensée issus de la psychologie se sont développés au cours des derniers siècles pour décrire de manière sensiblement différente le processus de l'apprentissage. Ces différentes conceptions de l'apprentissage ont bien entendu des conséquences sur les pratiques et la manière de concevoir l'enseignement (Carré, 2011: 426; Daele et Berthiaume, 2010; TECFA, 2019). Chaque orientation psychologique favorise un projet pédagogique correspondant que l'on peut placer plutôt sur l'un ou l'autre des côtés du triangle pédagogique.

Ce résumé de quatre grandes conceptions psychologiques de l'apprentissage permettra de mettre en perspective le contexte pédagogique dans lequel les activités décrites s'inscrivent sans forcément y référer explicitement.

Il n'est pas question ici de juger ni de favoriser une conception par rapport aux autres, ce qui aurait d'ailleurs pour conséquence un appauvrissement des situations d'apprentissage. Notre volonté est justement de diversifier ces situations d'apprentissage en adéquation avec les objectifs d'apprentissage en ayant conscience du contexte pédagogique sous-jacent.

### Le behaviorisme

Le behaviorisme définit l'apprentissage comme une modification durable du comportement résultant d'un entraînement particulier à un stimulus de l'environnement. Du point de vue de l'enseignement, le découpage du contenu et la répétition des opérations pour renforcer les comportements considérés comme adaptés sont privilégiés au même titre que la correction immédiate des comportements non conformes (Daele et Berthiaume, 2010; TECFA, 2019).

Ce mode d'enseignement est utilisé pour entraîner la prononciation d'une langue étrangère, pour manipuler correctement du matériel technique, pour maîtriser l'application d'une formule mathématique. Les grandes figures associées à ce courant sont Pavlov, Watson et Skinner (TECFA, 2019; Carré, 2011: 426).

### Le cognitivisme

Le cognitivisme s'intéresse au fonctionnement cognitif du cerveau pour expliquer l'apprentissage : ses facultés de mémorisation et de traitement de l'information. Dans l'optique du cognitivisme, l'enseignement consistera à mettre en œuvre des stratégies qui permettent à l'apprenant de traiter et d'organiser l'information pour la restituer de différentes manières : créer des cartes conceptuelles, organiser des notes, contextualiser par des questions préalables une nouvelle notion à intégrer, poser un problème mobilisant des savoirs antérieurs, etc. (Daele et Berthiaume, 2010; TECFA, 2019). Les grandes figures de ce courant sont Bruner, Gagné et Chomsky (Carré, 2011: 426).

## Le constructivisme

Le constructivisme considère que l'apprentissage est un processus actif de construction par l'apprenant qui cherche une signification à ses expériences, en interaction avec son milieu. Apprendre est un processus pragmatique d'ajustement des représentations mentales à de nouvelles expériences. L'enseignement constructiviste consiste à faciliter cette construction en proposant des activités de réflexion à réaliser en autonomie, des problèmes à résoudre, etc. (Daele et Berthiaume, 2010; TECFA, 2019).

Les grandes figures de ce courant sont Piaget, Dewey et Vygotsky (Carré, 2011: 426). La logique de l'enquête de Dewey s'inscrit typiquement dans le courant constructiviste. Pour Dewey, l'enquête consiste à problématiser une situation indéterminée et singulière pour lui donner une signification et la rendre progressivement et rationnellement plus déterminée (Fabre, 2006: 18; Muller, 2006: 108-109). Dans ce processus, l'apprenant-enquêteur construit de nouvelles connaissances pour retrouver un équilibre avec son environnement. La première étape de l'enquête est une observation active de l'environnement pour identifier les éléments déterminants et stables de la situation. De cette observation vont émerger des idées, une organisation de liens plus ou moins hiérarchisés, qui vont être étudiés et testés pour déterminer à nouveau la situation. Ce retour à la détermination, à l'équilibre sujet-environnement, correspond à la solution du problème.

## Le socioconstructivisme

Le socioconstructivisme se distingue du constructivisme en considérant l'importance de l'environnement et des interactions sociales dans la construction des connaissances. L'enseignement mettra donc l'accent sur la création d'un environnement social propice à l'apprentissage lors des activités, en invitant les apprenants à agir collectivement par différentes interactions ou en coopérant. Ces activités peuvent être des travaux de groupes, des contextualisations professionnelles, un enseignement par les pairs, des jeux sérieux, etc. (Daele et Berthiaume, 2010; TECFA, 2019).

## 11.3 La pédagogie numérique

Le terme *pédagogie numérique* est utilisé pour qualifier les choix pédagogiques mobilisés spécifiquement dans les dispositifs d'enseignement ou d'apprentissage (selon l'axe du triangle pédagogique) faisant usage d'outils informatiques dans le but d'améliorer l'acquisition ou la construction des savoirs. En impliquant une forme de numérisation des ressources ou des activités pédagogiques, elle impose aussi l'usage de dispositifs informatiques, multimédias et généralement connectés permettant leur accès, leur observation ou leur manipulation en général.

En schématisant les conceptions, en nous plaçant sur l'axe « apprendre », nous pourrions dire qu'une pédagogie numérique behavioriste consisterait prioritairement à numériser le stimulus et/ou le comportement résultant ; cognitiviste à numériser prioritairement le traitement de l'information ; constructiviste à numériser l'environnement expérientiel de l'activité ; socioconstructiviste à numériser en priorité les interactions sociales. Par contre, en se plaçant sur l'axe « enseigner », une pédagogie numérique favoriserait prioritairement la numérisation des contenus de l'enseignement et leur organisation.

La pédagogie numérique repose ainsi sur certaines affinités électives caractéristiques entre ressources – activités – dispositifs :

- Sur l'axe « enseigner », c'est l'association de ressources numériques avec un dispositif centré sur l'accès, la distribution et l'organisation de ces ressources qui va être mis en place. Lors de la

mise en place d'un projet de ce type, dans certains contextes, les ressources seront jugées prioritaires alors que dans d'autres, c'est plutôt le dispositif qui prendra le dessus.

- Sur l'axe « apprendre », c'est principalement l'association activité avec un dispositif permettant de « jouer » cette activité. Dans ce cas de figure, le dispositif revêt toujours une importance particulière dans le sens où sans lui, l'activité pédagogique n'existe simplement pas.

La réalité n'est pas aussi catégorique et repose avant tout sur l'équilibre à trouver dans chaque contexte d'enseignement ou d'apprentissage. Il est parfois nécessaire, par exemple, de produire certaines ressources d'enseignement (axe « enseigner ») et de les mettre à disposition pour réaliser une activité de résolution de problème (axe « apprendre »).

## 11.4 Le rôle d'ingénieur pédagogique

Le rôle d'ingénieur pédagogique est contemporain et n'est apparu qu'avec l'émergence des nouveaux dispositifs d'enseignement faisant appel aux technologies de l'information et de communication (TIC). L'ingénieur pédagogique “ *a pour mission de créer ou d'améliorer un dispositif pédagogique en optimisant l'articulation des ressources humaines, techniques, financières et logistiques disponibles en fonction des objectifs de la formation, du public, des contraintes et des ressources du projet* ” (Carré, 2011: 432). Il faut associer dans cette définition au terme dispositif la notion de numérique ou de technologique.

Pour accomplir cette mission, l'ingénieur pédagogique ne travaille généralement pas seul. Il n'est ni enseignant détenant le savoir à atteindre, ni programmeur informatique développant concrètement le dispositif. Il fonctionne ainsi à la fois comme « architecte » du dispositif pédagogique et « maître d'œuvre » pilotant sa construction informatique et pédagogique. Ainsi, il faut concevoir la pédagogie numérique comme étant une pédagogie collaborative réunissant divers acteurs aux compétences complémentaires et indispensables.

L'ingénieur pédagogique évolue aussi sous différentes contraintes en tension les unes avec les autres : les contraintes du mandat qui ne sont pas toujours en adéquation avec l'objectif pédagogique attendu ; celles de l'environnement contextuel cible qui ne permet pas forcément la mise en place de la technologie prévue ; et les facteurs de réussite de l'apprentissage sur le plan cognitif, affectif et motivationnel, etc.

Nous percevons le rôle de l'ingénieur pédagogique comme étant particulièrement important dans l'axe apprendre lors de la création ou l'amélioration d'un dispositif numérique permettant de « jouer » l'activité pédagogique souhaitée.

## 11.5 La taxonomie des compétences des objectifs d'apprentissage

La définition des objectifs pédagogiques en matière cognitive repose généralement sur une taxonomie qui structure le niveau de compétence attendu. La taxonomie révisée de Bloom proposée par Krathwohl est une taxonomie régulièrement utilisée dans le champ de la pédagogie (Krathwohl, 2002). Cette taxonomie sépare la dimension des connaissances de celle des processus cognitifs.

La dimension des connaissances contient quatre types de connaissances (Krathwohl, 2002: 214):

- A. Factuelles : les éléments de base que les étudiants doivent connaître pour se familiariser avec une discipline ou pour résoudre des problèmes en la matière (connaissance de la terminologie, de détails et d'éléments spécifiques) ;

- B. Conceptuelle : les interrelations entre les éléments de base dans une structure plus large leur permettant de fonctionner ensemble (connaissance des principes de classification et de généralisations, des théories, des modèles et des structures) ;
- C. Procédurale : savoir comment faire quelque chose, méthodes d'enquête et critères d'utilisation des compétences (connaissance des compétences disciplinaires, des techniques et méthodes spécifiques à la matière, des critères permettant de déterminer les procédures appropriées à utiliser) ;
- D. Métacognitives : connaissance à propos de la cognition en général, ainsi que conscience et connaissance de ses propres processus et stratégies d'apprentissage (savoirs stratégiques, connaissance des tâches cognitives, connaissance de soi).

La dimension des processus cognitifs se structure quant à elle en six niveaux. Chaque niveau hiérarchique nécessite les niveaux inférieurs. Cette hiérarchie est représentée par la pyramide des processus cognitifs de la Figure 126.

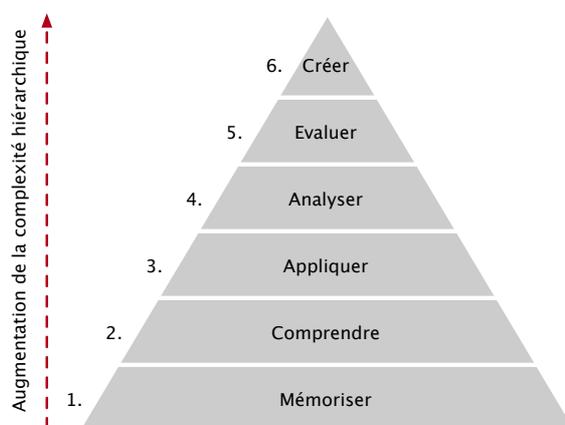


Figure 126 : Les six niveaux de complexité hiérarchique de la taxonomie de Bloom révisée par Krathwohl (2002: 215).

Les objectifs pédagogiques principaux de chaque activité décrite sont donc fixés dans les deux dimensions de connaissance et des processus cognitifs grâce au tableau bidimensionnel suivant :

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles						
B. Connaissances conceptuelles			B.3			
C. Connaissances procédurales					C.5	
D. Connaissances métacognitives						

Tableau 9 : Classification des objectifs d'apprentissage sur le plan cognitif selon la taxonomie proposée par Krathwohl avec un exemple d'activité ayant des objectifs aux niveaux B.3. et C.5. (Krathwohl, 2002: 217).

De nombreuses institutions proposent des listes de verbes d'action spécifiques à chaque niveau hiérarchique de la dimension des processus cognitifs afin de faciliter la rédaction des objectifs d'apprentissage en complément de cette taxonomie de base (Pôle de soutien à l'enseignement et l'apprentissage, 2019). Cette nomenclature, propre à chaque niveau, permet ainsi de situer le niveau hiérarchique attendu simplement avec le verbe utilisé.

## 11.6 Les moments clés d'une activité pédagogique

Sur le plan de sa structure temporelle, une activité pédagogique se situe toujours dans un contexte plus large. Elle intervient à la suite d'une phase antérieure qui a pour but de garantir que l'apprenant a les connaissances nécessaires pour réaliser l'activité pédagogique proposée. Elle est ensuite succédée par une phase qui concerne le traitement des résultats de l'apprentissage issu de l'activité, leur évaluation et leur modalité de restitution dans une perspective formative.

Le temps de l'activité pédagogique lui-même est habituellement structuré en trois chapitres distincts : la situation initiale, la réalisation et la soumission.

La situation initiale est généralement caractérisée par des objectifs, des ressources et des consignes. L'enseignant peut agir sur la situation initiale de différentes manières, qui auront potentiellement un impact sur le déroulement des phases suivantes. Il peut par exemple décider d'avoir la même situation initiale pour tout le monde, ou au contraire d'avoir des situations individuelles. La première option permettra par exemple la comparaison des résultats soumis, au contraire de la seconde qui nécessitera un traitement individuel.

La réalisation correspond à la phase d'apprentissage active et autonome de l'apprenant, l'enseignant ayant un rôle de facilitateur. L'enseignant peut tout de même agir dans cette phase en proposant des points de situation, ou des discussions sur l'avancement, etc. Le dispositif numérique peut aussi jouer un rôle important dans cette phase et agir comme substitut automatique de l'enseignant ou comme enregistreur automatique d'index numériques. Ces index enregistrés peuvent être utilisés pour analyser la démarche de réalisation menée, pour faire un état d'avancement dans l'activité, etc. Le dispositif pédagogique n'a en effet pas la seule fonction de permettre la réalisation de l'activité par l'apprenant, il peut avoir un rôle actif de structuration de celle-ci selon une stratégie prédéfinie. La réalisation s'intéresse donc prioritairement à la démarche d'apprentissage utilisée.

La soumission formalise les résultats d'apprentissage et termine l'activité. Ce chapitre ne s'intéresse donc plus directement à la démarche d'apprentissage comme le fait la réalisation, mais plus spécifiquement à la mise en forme de ses résultats. L'apprenant, en fonction des consignes, élabore une restitution à soumettre à l'enseignant. Cette restitution peut bien entendu prendre des formes totalement différentes en fonction du scénario et des objectifs pédagogiques de l'activité : annotations, prise de position, réponses à des questions, rédaction de rapports, films, etc.

Cette soumission effectuée, l'enseignant pourra entrer dans la phase post-activité d'évaluation des résultats. Le dispositif numérique lui permettra d'avoir certains outils d'évaluation : index sur la réalisation, données statistiques sur les résultats, visualisations spécifiques d'analyse, etc. Ces outils ont pour objectif de faciliter la production, pour l'enseignant, d'un retour formatif tout en optimisant le processus de correction et en améliorant la qualité pédagogique de ce retour. Traditionnellement, pour l'élaboration de son retour formatif, l'enseignant s'intéresse particulièrement aux résultats formalisés de l'apprentissage du chapitre de la soumission. Cependant, à l'ère des dispositifs numériques capables d'indexer automatiquement et rigoureusement les processus d'apprentissage lors du chapitre de la réalisation, l'enseignant possède désormais certains outils pédagogiques supplémentaires asynchrones.

Ceux-ci permettent de s'intéresser plus particulièrement aux processus d'élaboration des productions, à leur genèse, plutôt qu'aux résultats.

## 11.7 La logique pédagogique de l'annotation d'image

Dans les chapitres précédents, nous avons pu associer les annotations réalisées sur les images à différentes stratégies communicationnelles. Dans la stratégie de l'examen et de la décomposition, les annotations rendent explicite le fait que la représentation a été examinée grâce à la décomposition de l'information visuelle en éléments structurants permettant d'élaborer un modèle. Complémentairement, avec la stratégie de la quantification couplée avec celle de la prise de position voire de la démonstration, le nombre et le type d'annotations composant le modèle peut indiquer une certaine valeur évaluative qui permet de communiquer une prise de position ou démontrer la véracité d'un fait.

Sur la base de ces stratégies communicationnelles sous-jacentes, nous avons aussi pu étudier le fait que ces annotations jouent aussi un rôle fondateur dans la considération de l'empreinte secondaire d'instanciation en explicitant notamment la profondeur de l'examen réalisé et son évaluation qualitative, quantitative ou semi-quantitative. La force de persuasion de l'argument en découle.

Le recours à ces mêmes stratégies d'annotation permet non seulement de former l'apprenant à l'établissement d'empreinte secondaire d'instanciation, mais aussi de considérer celles-ci à la fois comme résultats de leur apprentissage individuel et comme ressources d'apprentissage collectif.

Tous les projets que nous avons menés qui recourent aux annotations fonctionnent selon une même logique. Cette logique pédagogique de l'annotation s'articule en quatre règles qui rendent l'usage d'un dispositif numérique indispensable :

- (1) Le recours à une typologie formalisée d'annotation et d'outils correspondants : Les annotations ne sont pas faites de n'importe quelle manière, mais répondent à une méthodologie d'annotation établie. Par exemple, les annotations de traces papillaires ne sont pas les mêmes que pour une comparaison de projectiles. La mise en place de cette typologie permet une vision transversale uniforme des annotations. Le dispositif numérique apporte à l'apprenant un environnement d'annotation dédié à la problématique traitée et permet, d'une part, d'améliorer et de faciliter son travail et, d'autre part, de normaliser la forme des résultats.
- (2) L'établissement d'un scénario d'annotation qui s'inscrit dans un processus plus large : le processus d'annotation se déroule selon des étapes et une méthodologie définie : du général au particulier ; selon la méthodologie analyse – comparaison – évaluation – vérification (ACE-V), etc. L'environnement numérique permet d'établir et maintenir cette méthodologie procédurale.
- (3) L'enregistrement automatique d'index numériques lors de l'activité : le dispositif d'enseignement enregistre automatiquement certaines informations sous la forme d'index numériques : la position, le type, la séquence d'annotation, etc. Tous ces index peuvent avoir plusieurs usages pédagogiques ou d'apprentissage : réaliser des calculs ou des statistiques sur la base des annotations, reconstruire le déroulement du processus d'annotation, etc.
- (4) Offrir une visualisation comparative des résultats : pour élaborer un retour constructif ou provoquer certaines discussions en classe, il peut être nécessaire à l'enseignant d'être capable de comparer des résultats et ainsi d'avoir une vision globale des apprenants. Dans cette perspective comparative, le dispositif numérique est prévu pour produire des visualisations pertinentes à la problématique : la superposition par calques des résultats de chaque apprenant permet

d'observer et de se rendre compte de leur diversité, graphique indiquant certaines statistiques d'intérêt, etc.

L'ensemble des dispositifs numériques d'enseignement d'annotation d'image qui ont été développés s'inscrivent dans cette logique en quatre règles. En plus de cette logique d'annotation, ces outils pédagogiques sont construits dans une architecture à trois niveaux d'interface : l'interface utilisateur qui permet aux apprenants de réaliser l'activité et la soumettre ; l'interface propriétaire qui permet de construire et de gérer une activité ainsi que d'en visualiser les résultats soumis grâce aux différents outils d'analyse proposés ; une interface administrateur de plus bas niveau pour gérer le système et son paramétrage.

### 11.7.1 Les scénarios pédagogiques génériques de l'annotation

La logique pédagogique de l'annotation d'images que nous venons de définir permet de mettre en place toute une gamme d'activités d'enseignement ou d'apprentissage en fonction de quel acteur nous considérons. Il y a plusieurs types de scénarios possibles qui dépendent des objectifs qui découlent des différents moments de l'activité considérée.

#### Les variantes de scénarios supervisés

Ce sont des activités pédagogiques qui sont créées et pilotées par un enseignant. Le scénario de base de l'annotation possède quatre étapes principales :

1. L'élaboration des données et des consignes de l'activité.
2. Une période de travail d'annotation individuel ou en groupe : Les participants réalisent leur travail d'annotation selon les consignes données et partagent leurs annotations à la fin de leur travail ou à la fin de chaque étape du processus.
3. La comparaison et l'analyse des résultats : L'enseignant peut comparer les résultats des participants. Les annotations de chaque participant sont organisées en calques séparés dans l'interface qu'il est possible de rendre visible ou invisible.
4. L'élaboration d'un feedback constructif individuel ou global pour une discussion en classe ou par un autre formalisme

Nous pouvons distinguer certaines variantes dans ce scénario en fonction d'objectifs pédagogiques particuliers :

- L'objectif est simplement lié à l'apprentissage individuel au travers de l'activité : l'enseignant donnera un feedback individuel sur le résultat d'apprentissage de chacun. Il pourra faire un bilan global sur certaines statistiques de résultats.
- L'objectif est lié à la comparaison des résultats : l'enseignant veut montrer par exemple dans son retour aux apprenants une certaine diversité dans les résultats. Dans ce scénario, l'enseignant devra élaborer des données à annoter identiques à tous les apprenants. Ceux-ci feront donc la même activité et leurs résultats pourront être ainsi comparés facilement grâce à une typologie d'annotation (règle 1) et à la visualisation comparative des résultats (règle 4).
- L'objectif est lié à l'étude des processus mis en œuvre par l'apprenant : l'enseignant veut vérifier individuellement la méthodologie utilisée ou comparer collectivement des raisonnements (règle 2). Il faudra alors prévoir l'enregistrement automatique ou volontaire d'index numériques (règle 3) qui permettent de reconstruire la méthodologie à évaluer et mettre en place des visualisations comparatives (règle 4).

## L'usage autonome par appropriation du dispositif d'annotation

En parallèle à l'utilisation supervisée du dispositif d'annotation, l'apprenant peut aussi s'approprier l'environnement d'annotation proposé pour réaliser ses propres travaux indépendants d'un enseignement planifié. Les deux premières règles de la logique d'annotation imposent à la fois un formalisme d'annotation approprié à la problématique traitée et le respect d'une certaine méthodologie. Celle-ci impose donc que l'environnement d'annotation propose des outils d'annotation adaptés au problème et selon une méthodologie établie. Il sera dès lors tentant pour les apprenants de pouvoir profiter de ces environnements d'annotation en dehors de la supervision d'un enseignant pour réaliser certains travaux. Ce phénomène d'appropriation du dispositif par les apprenants doit aussi être anticipé pour ne pas concevoir l'environnement autour de la relation entre enseignants et apprenants, mais plutôt dans une optique de propriétaire d'une activité que celui-ci peut partager à d'autres personnes. Ce simple changement de posture a un impact très important sur la manière de concevoir tout l'environnement et sa sécurisation : la relation enseignant-apprenant impose des rôles et des règles d'accès différents dans le système, au contraire du formalisme de propriétaire.

# 12 Les projets

## 12.1 Remarques préliminaires

Les projets que nous citons dans ce travail sont tous le fruit d'une collaboration entre plusieurs acteurs : professeurs, assistants, étudiants, développeur informatique et ingénieur pédagogique. Chaque projet est donc à considérer comme un travail collectif dont il n'est pas toujours possible de distinguer la contribution de chacun. C'est pour cette raison que nous détaillons pour chaque projet l'ensemble des personnes impliquées et leur rôle respectif dans le projet.

Si la photographie judiciaire est un élément pédagogique central dans l'ensemble de ces projets, il n'est pas le seul : nous avons retenu uniquement les projets qui ont une composante numérique significative. Tous ces projets sont le résultat de financements obtenus auprès de différentes initiatives de soutien aux nouvelles approches pédagogiques numériques comme le « Campus Virtuel Suisse » soutenu par la Confédération ou le Fonds d'innovation pédagogique (FIP) au niveau de l'Université de Lausanne. Pour décrire plus précisément chaque projet, différents documents figureront en annexes : certaines publications (voir Annexes 1), les résumés des demandes de fonds (voir Annexes 2) ou les guides utilisateurs du dispositif pédagogique mis en place (voir Annexes 3).

Les projets que nous aborderons sont les suivants :

- Nicephor[e] : projet de création de cours en ligne sur la photographie scientifique et judiciaire.
- Microscopie interactive : Exercices interactifs pour l'enseignement de la microscopie
- CrimeSim : Simulation d'une enquête sous l'angle de sa gestion sous différentes contraintes
- SimInFo : Simulation immersive dans une investigation forensique
- ICaRe : Dispositif d'annotation d'images et d'investigation dans le domaine des incendies
- PiAnoS : Dispositif d'annotation d'images de traces papillaires
- CIMAF : Dispositif d'annotation d'images de traces sur les projectiles ou les douilles
- ANOT : Dispositif d'annotation d'images et d'investigation sur les éléments temporels

- éICAR : Dispositif d'étude critique interdisciplinaire par annotation de rapports d'expertise

### 12.1.1 Les secteurs d'intervention des projets

Nous avons retenu uniquement des projets pédagogiques d'imagerie judiciaire possédant une composante numérique importante. Cependant, parmi les neuf traités, nous observons trois familles de projets différentes selon leur relation avec le dispositif numérique et son secteur d'intervention. La première famille concerne les projets qui ont pour objectif principal la mise en place de cours en ligne. La deuxième famille regroupe ceux dont l'objectif principal consiste à développer un dispositif numérique en ligne spécifique pour permettre de réaliser une activité pédagogique particulière. Enfin la troisième famille consiste prioritairement à mettre en place une activité d'apprentissage en utilisant ou en adaptant des dispositifs numériques existants.

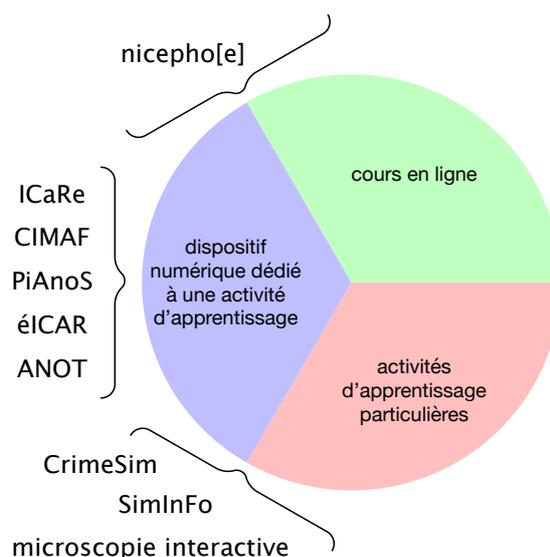


Figure 127 : Les trois familles de projets en fonction de leur objectif principal : mettre en place des cours en ligne, concevoir un dispositif numérique d'enseignement spécifique ou élaborer une activité d'apprentissage.

Nous aborderons ces trois familles de projet de manière un peu différente et nous nous permettrons de détailler un peu plus le fonctionnement du dispositif numérique mis en place dans le cadre des projets de la deuxième famille, soit les dispositifs en ligne qui permettent de réaliser une activité d'apprentissage particulière.

### 12.1.2 L'imagerie judiciaire comme objet d'apprentissage ou comme ressource

Le rapport entre les projets et l'imagerie judiciaire est variable et dépend de la portée des objectifs d'apprentissage de chaque projet. Nous pouvons à nouveau distinguer trois groupes de projets :

- Les projets dont les objectifs d'apprentissage principaux sont centrés sur l'imagerie judiciaire (Nicephor[e], microscopie interactive, éICAR): L'imagerie judiciaire fonctionne alors à la fois comme objet d'apprentissage et comme ressources pédagogiques
- Les projets dont les objectifs d'apprentissage principaux sont externes à l'imagerie judiciaire, mais qui l'utilisent comme aire de lecture pour éclairer une problématique particulière au travers

d'un examen (ICaRe, CIMAF, PiAnoS, ANOT). Dans ce contexte, la photographie n'est plus objet d'apprentissage, mais devient une ressource centrale de l'activité pédagogique.

- Les projets dont les objectifs d'apprentissage principaux sont externes à l'imagerie judiciaire, mais qui utilisent l'imagerie judiciaire principalement comme ressources de contextualisation de l'activité d'apprentissage (CrimeSim, SiminFo).

### 12.1.3 Contextualisation des projets dans la cartographie de l'imagerie judiciaire

Tous ces projets s'inscrivent aussi à des moments particuliers de l'imagerie judiciaire que nous mettons en évidence dans la Figure 128.

- Le projet Nicephor[e] a pour objectif l'apprentissage de l'établissement de l'empreinte du tenant lieu en se concentrant sur la maîtrise des techniques photographiques de l'imagerie judiciaire.
- La Microscopie interactive s'intéresse plus particulièrement à l'examen d'investigation microscopique qui peut mener à l'établissement d'une empreinte d'instanciation primaire.
- CrimeSim, SimInFo et ICaRe se placent sur le plan du compte-rendu d'une investigation ou d'une scène de crime. Dans ces projets, il n'est plus question d'apprendre à établir une empreinte ou un compte-rendu, mais d'utiliser ce dernier comme moyen de contextualisation ou l'exploiter comme ressource d'apprentissage.
- PiAnoS, CIMAF et ANOT visent à extraire de la vue analogique de la photographie un modèle de données exploitables propre à la problématique traitée dans chacun des projets. Nous distinguons le projet Annot des deux autres dans le sens où les photographies utilisées dans les activités de PiAnoS et CIMAF sont considérées comme des empreintes du tenant-lieu alors que le projet Annot peut tout fait reposer sur l'examen de traces temporelles trouvées dans tout index photographique d'intérêt.
- Enfin, le projet éICAR est consacré à l'étude critique sous un angle communicationnel de rapports d'expertise qui peuvent aussi contenir des photographies. Ainsi, ce projet se place du côté de l'empreinte argumentaire qu'elle soit primaire ou secondaire.

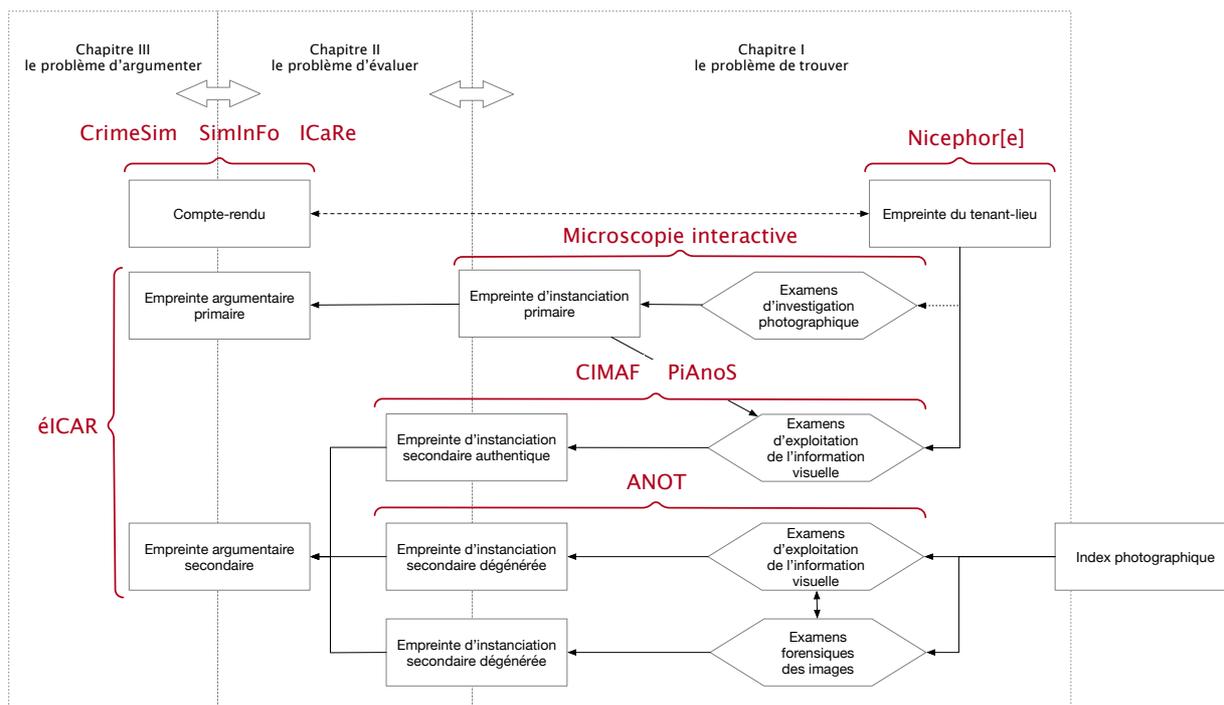


Figure 128 : Positionnement des projets pédagogiques dans la carte de l'imagerie judiciaire.

Nous aborderons dans les chapitres suivants l'ensemble des projets en fonction de leur emplacement dans la carte de l'imagerie judiciaire.

## 12.2 L'établissement de l'empreinte primaire du tenant-lieu ou d'instanciation

Nous avons participé en tant que chef de projet ou ingénieur pédagogique à deux projets qui s'inscrivent dans l'établissement de l'empreinte primaire du tenant-lieu et d'instanciation. Le projet Nicephor[e] possède une composante importante sur la création de ressources éducatives alors que le second, la microscopie interactive s'inscrit plutôt sur la mise en place d'un dispositif numérique d'apprentissage permettant la réalisation d'activités pédagogiques particulières. Le projet Nicephor[e] est le seul projet qui se place sur le plan d'un enseignement complet. Tous les autres projets décrits interviennent dans la mise en œuvre d'une activité pédagogique particulière, celle-ci n'étant pas forcément spécifique à un enseignement. En effet, dans la majorité des projets, un effort particulier a été fourni pour rendre ces activités le plus possible transférables à d'autres contextes d'enseignement similaires.

## 12.2.1 Nicephor[e]

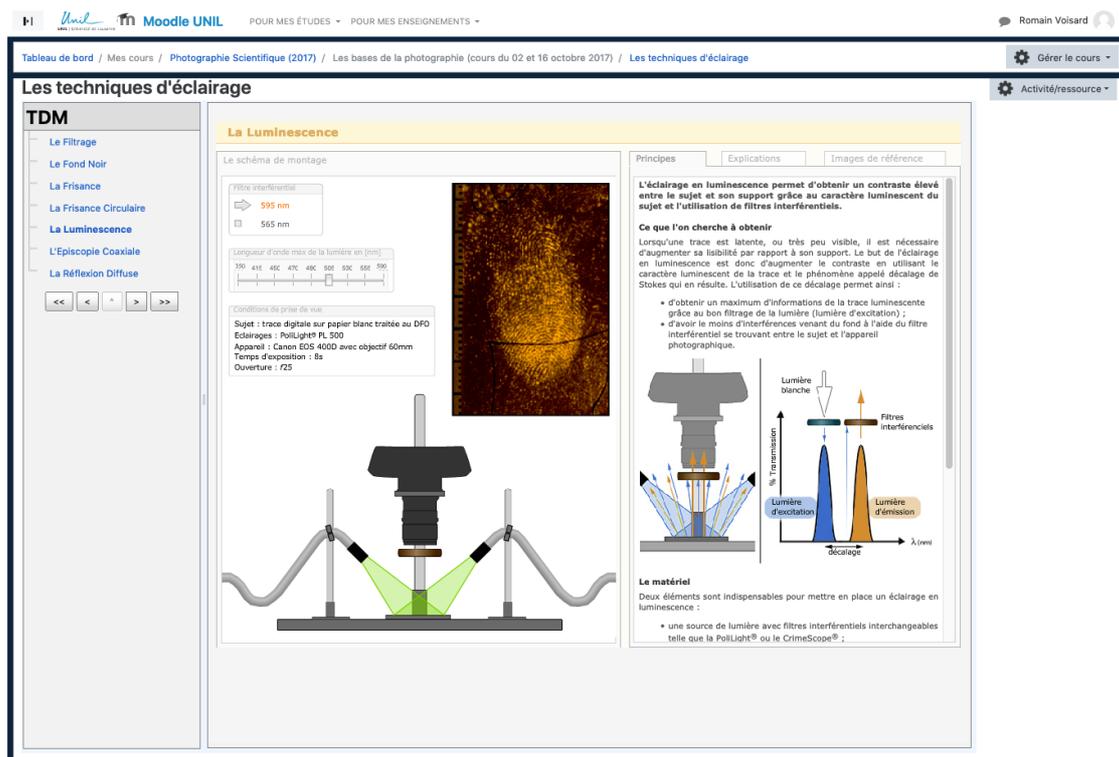


Figure 129 : Vue d'un objet d'apprentissage du projet Nicephor[e]. L'éclairage en luminescence est expliqué et décrit. Cet objet est structuré dans un enseignement de photographie implémenté dans la plateforme d'apprentissage Moodle de l'UNIL.

<i>Responsable :</i>	Prof. Christophe Champod (ESC)
<i>Chef de projet :</i>	Romain Voisard
<i>Partenaires :</i>	Prof. Pierre Margot et Prof. Geneviève Massonnet (ESC), Prof. Sabine Susstrünk (EPFL), Prof. Rudolf Gschwind et Dr. Lukas Rosenthaler (UNIBAS), Philippe Etique (HE-Arc),
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Collaborateurs :</i>	J. Curchod, A. Vautier, P. Buzzini, L. Lanzi, (ESC), Daniel Tamburrino (EPFL), A. Roulier et A. Tschakert (UNIBAS)
<i>Année de développement :</i>	2004-2008
<i>Financement :</i>	CHF 800'000.- du Campus Virtuel Suisse et des universités et hautes écoles partenaires
<i>Annexes :</i>	Annexes 1.1 : Publication (Voisard, Champod, et al., 2007) Annexes 2.1 : Résumé de la demande de financement

## Descriptif du projet

Nicephor [e] est un projet réalisé en partenariat entre l'École des sciences criminelles de l'Université de Lausanne, le Laboratoire de communications audiovisuelles 2 de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), le département für Bild- und Medientechnologien de l'Université de Bâle et la section de l'information de la Haute École Arc (HE-arc) qui s'inscrit dans le cadre de l'initiative fédérale du Campus Virtuel Suisse (Confédération suisse, 2004) qui visait à promouvoir la formation basée sur des technologies de l'information et de la communication innovantes.

L'objectif principal du projet vise à la création d'enseignements modulaires appropriés en photographie scientifique et judiciaire pour remplir les exigences pédagogiques des programmes universitaires de premier cycle et de la formation continue. La problématique couverte porte ainsi essentiellement sur l'établissement de l'empreinte du tenant-lieu. La flexibilité et la durabilité du système sont des conditions essentielles pour atteindre cet objectif.

Le projet se structure en trois cibles distinctes :

- Créer un répertoire de ressources couvrant le domaine de la photographie scientifique et judiciaire, chaque ressource formant un objet d'apprentissage.
- Mettre en place une architecture de dispositifs Web permettant la création de ces ressources en ligne en plusieurs langues et d'organiser une série de cours modulaires en ligne correspondant aux exigences des programmes d'enseignement de premier cycle ou de formations continues dont l'objectif correspond à l'établissement de l'empreinte du tenant-lieu.
- Expérimenter un système transversal de gestion de fichiers numériques pour cataloguer les images produites dans le cadre de l'enseignement à l'ESC.

Ainsi, le projet possède deux composantes importantes : la première est centrée sur la création de ressources sous la forme de pages Web interactives et multimédias. Quatre collaborateurs, dont deux à l'ESC, ont travaillé dans cette optique de création d'objets d'apprentissage. Ces derniers sont conçus pour garantir un niveau élevé de connaissances en photographie scientifique et judiciaire pour comprendre les fondements de l'empreinte du tenant-lieu et la produire.

La seconde concerne l'architecture et les interactions des dispositifs Web sous la responsabilité d'un concepteur-développeur informatique. L'architecture d'apprentissage en ligne Nicephor[e] comprend trois parties différentes.

Le premier est un répertoire d'objets d'apprentissage qui regroupe tous les sujets théoriques du projet tels que les textes, les animations, les images et les films. Ce référentiel est un système de gestion de contenu Web (Typo3) qui permet de créer, de publier et d'administrer du contenu dynamiquement au travers d'un navigateur Web, ainsi que de le stocker dans une banque de données. La flexibilité de l'architecture du système permet ainsi une mise à jour aisée du contenu pour suivre l'évolution rapide de la technologie liée à la photographie.

Les enseignements modulaires sont ensuite instanciés et administrés dans un dispositif de gestion de l'apprentissage (LMS pour Learning Management System) comme Moodle ou d'autres sur la base d'objets d'apprentissage structurés de manière spécifique émanant du répertoire. Ces systèmes éducatifs sont capables de gérer des scénarios d'apprentissage complexes, la distribution des différents types de ressources, les évaluations, les interactions, et le suivi des apprenants. Chaque enseignement est construit selon son propre scénario d'apprentissage basé sur les objectifs du cours et le profil de l'étudiant.

La troisième partie de l'architecture est un système de gestion de ressources numériques (Extensis Portfolio) basé sur un schéma de métadonnées spécifiques au domaine. La partie pratique de chaque cours consiste à produire des photographies de différentes traces ou objets. La collection de tout ce

matériel produit, indexé par les étudiants grâce à une stratégie de métadonnées et consolidé par l'encadrement pédagogique constitue un fonds essentiel au développement d'une base de connaissances des techniques photographiques appliquées à un sujet spécifique de la criminalistique. Il représente également une collection extensible de différentes traces de sources connues obtenues dans diverses conditions. L'indexation des métadonnées dans ce catalogue permet de réutiliser ces images pour créer des fichiers de cas basés sur des images.

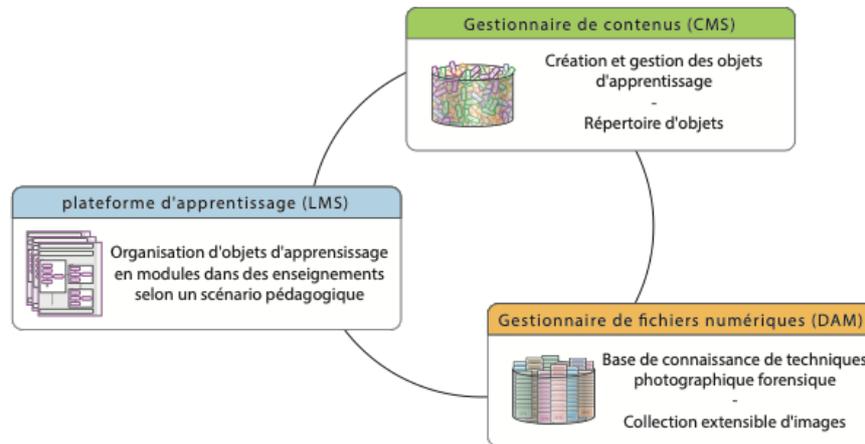


Figure 130 : Structure d'interaction dans l'architecture à trois systèmes du projet Nicephor[e].

### Discussion des résultats du projet.

Le projet Nicephor[e] s'est terminé en 2008 avec l'ensemble des objectifs atteints. Le cycle de vie du projet s'est alors transformé en mode production qui tient compte la prise en charge des besoins d'évolution et de maintenance du système. L'implémentation des enseignements s'est concrétisée de différentes manières chez les partenaires du projet : le département für Bild- und Medientechnologien de l'Université de Bâle a utilisé le projet sous la forme d'une simple ressource multimédia interactif en ligne ; L'ESC et le Laboratoire de communications audiovisuelles 2 de l'EPFL ont, quant à eux, structuré les objets d'apprentissage dans leur plateforme d'apprentissage respective. Nous pouvons résumer l'évaluation des résultats et l'impact du projet selon quatre dimensions principales que nous reprendrons en fonction de leur pertinence pour chaque projet que nous aborderons.

#### La dimension pédagogique

Bien que les objectifs pédagogiques puissent largement varier d'un enseignement à l'autre, le projet vise tout de même la mise en place de cours dont les objectifs généraux sont transversaux. A la fin de l'enseignement, un apprenant devrait être capable de :

- Objectif 1 : Appliquer l'ensemble des connaissances du processus photographique dans des contextes photographiques réels
- Objectif 2 : Mettre en relation les enjeux et les particularités de l'imagerie forensique
- Objectif 3 : Appliquer les procédures de travail non destructives de l'imagerie.
- Objectif 4 : Mettre en œuvre ses propres méthodes d'apprentissage pour développer son autonomie

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles				Objectif 2		
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitive			Objectif 4			

Tableau 10: Classification des objectifs d'apprentissage du projet Nicephor[e].

Le concept pédagogique pour y répondre est basé sur l'apprentissage mixte, où le matériel d'enseignement en ligne sert de plateforme pour renforcer, élargir et utiliser les connaissances théoriques ex cathedra. Pour des besoins spécifiques, tels que les programmes de formation continue, le scénario d'apprentissage mixte peut être adapté à une expérience complète d'apprentissage à distance en fonction des caractéristiques des apprenants. La plateforme d'apprentissage Web est actuellement intégrée à l'ESC dans tous les cours généraux de photographie et de microscopie pour couvrir l'ensemble des aspects liés à l'établissement de l'empreinte du tenant-lieu, quel que soit le type de référent traité (scène du crime, empreintes digitales, microtraces, etc.). Cette intégration élargie de l'initiative en ligne dans différents contextes d'enseignement dispensée par un large éventail d'enseignants favorise une culture d'acceptation des activités d'apprentissage en ligne au sein des institutions.

#### La dimension institutionnelle

Cette initiative a eu un impact significatif sur la gestion de la production photographique à l'ESC. Nicephor[e] a joué un rôle de catalyseur dans les modifications apportées à la manière dont les images sont traitées et gérées dans un environnement de formation. Notre objectif stratégique est de développer un système basé sur le partage des connaissances en gérant et en exploitant le matériel de formation produit par le personnel et les étudiants.

#### La dimension de l'apport technologique ou numérique

L'architecture en trois dispositifs interconnectés garantit les exigences de facilité d'utilisation et de maintenance, de flexibilité et d'interopérabilité. Les choix technologiques répondent à ces critères et aux avantages de la stabilité dans le temps en utilisant les spécifications standardisées SCORM/IMS spécifiquement dédiées au contenu e-learning pour structurer et intégrer les objets d'apprentissage dans les différentes plateformes d'enseignement.

#### La dimension de la pérennité

La modularité du matériel de cours permet de mettre en place des programmes de formation pour des publics variés et plus larges selon des modalités d'enseignement adaptées. Depuis la fin du projet Nicephor[e] en 2008, une multitude d'enseignements différents ont été dispensés :

- Le cours Imagerie de Bachelor en science forensique suit encore actuellement la modalité de l'enseignement mixte ;
- Deux ateliers de formation continue en photographie judiciaire ont été organisés aussi sous une modalité mixte entre présentiel et travail à distance ;
- Un enseignement (Forensic Digital Imaging) est donné chaque semestre dans le cadre du programme de formation, complètement à distance, en science forensique de l'Université de Canberra depuis 2010 jusqu'à nos jours ;

- Un autre enseignement complètement à distance, intégré au programme de Bachelor en chimie profil criminalistique de l'Université du Québec de Trois-Rivières (UQTR), a été donné cinq ans (2014 à 2017) ;
- Nous avons encore actuellement un projet d'accord potentiel avec l'Université de West-Sydney pour intégrer un cours de photographie judiciaire sur la base du projet Nicephor[e] dans le programme de science forensique à distance piloté par l'Université de Floride.

### Perspectives pour le projet

Même si le projet s'est encore largement enrichi au fil des différents enseignements mis en place, notamment sur le plan des ressources par la traduction d'une majeure partie des contenus, la création de nouvelles ressources multimédias comme des vidéos, des tutoriels, mais aussi sur le plan pédagogique par un enrichissement des activités avec la création d'exercices de traitement d'images, l'analyse critique de l'évaluation de la qualité des images aboutissant à la construction collaborative d'une grille d'évaluation selon des critères définis, etc., le projet arrive actuellement à un tournant technologique. L'architecture du système et les simulations et animations réalisées fonctionnent désormais sur une technologie devenue obsolète. Nous percevons cette situation, mise en perspective avec les nouvelles possibilités d'accord avec l'Université de West-Sydney, comme une opportunité stimulante de reconstruire l'architecture du système et certaines ressources avec un recul de plus de dix ans d'expérience.

## 12.2.2 La microscopie interactive

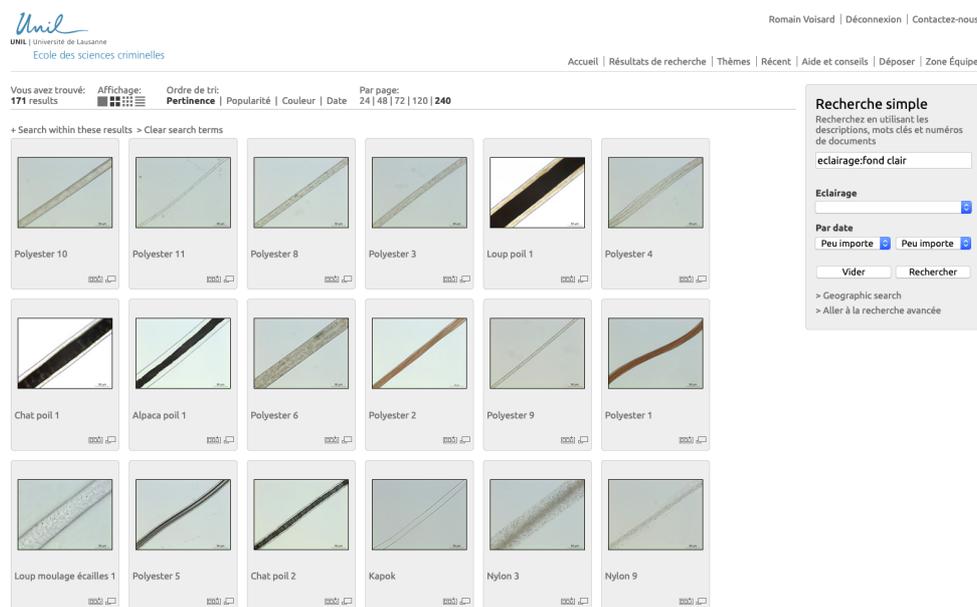


Figure 131 : Interface du système de collection d'images de fibres mise à disposition des étudiants à des fins d'identification.

<i>Responsable :</i>	Prof. Geneviève Massonnet
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Partenaires :</i>	Faculté de biologie et de médecine (FBM)
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Collaborateurs :</i>	Cyril Muehlethaler
<i>Année de développement :</i>	2014
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL et CHF 10'000 de soutien aux démarches pédagogiques de la Faculté de droit et d'administration publique (FDCA)
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.2 : Résumé de la demande de financement

### Descriptif du projet

Le projet de microscopie interactive vise deux objectifs principaux, le premier s'inscrit dans le cadre de l'enseignement théorique et le second dans le cadre des travaux pratiques associés :

- Augmenter l'interactivité en classe par la mise en place d'activités participatives d'enseignement par pairs (Mazur, 1997) adaptés et spécifiques à la microscopie.
- Dans le cadre des travaux pratiques associés, préparer des exercices d'investigation microscopique provenant de différents domaines et constitués de séquences d'images qui peuvent être manipulées et documentées.

C'est dans ce second objectif (concernant les travaux pratiques) que l'on retrouve principalement le rattachement de ce projet à l'empreinte primaire d'instanciation qui résulte de l'examen d'investigation.

La solution numérique consiste à construire une collection de problématiques d'investigation microscopique qui sont soumises aux apprenants sous la forme de questions interactives dans une plateforme d'apprentissage comme Moodle. Chaque problématique se compose d'une ou plusieurs séquences d'images dans lesquelles l'apprenant peut, dans une interface dédiée, naviguer librement et observer comme s'il les observait sous le microscope. Chaque séquence ou pile d'images représente des observations microscopiques réelles à différents plans d'observation ou sous différents éclairages. De cette manière, l'apprenant aura à disposition des « dossiers » complets d'observations au microscope d'échantillons à classer, comparer ou identifier sur cette interface et qu'il pourra aussi documenter pour répondre à la question d'intérêt.

En parallèle à ce système de questions interactives sur la base de collections d'observations microscopiques manipulables, un gestionnaire de ressources numériques a aussi été mis en place (Figure 131). Ce gestionnaire a pour but de créer une collection d'images de référence en ligne pour les apprenants utilisée dans le domaine de l'investigation microscopique. L'identification microscopique d'une fibre ou d'une matière nécessite généralement en effet à la fois des critères de classification définis et le recours à une confrontation avec des images de référence. L'objectif de ce gestionnaire de ressources numériques est d'offrir une collection permettant de réaliser des recherches en fonction des résultats des observations faites dans la séquence d'images.

Ces activités, réalisées de manière flexible et autonome, complètent celles faites réellement au microscope et permettent de compléter l'enseignement théorique avec une bonne expérience pratique dans le domaine.

## Discussion des résultats du projet.

### La dimension pédagogique

L'intention pédagogique principale consiste à compenser l'accessibilité de plus en plus restreinte aux instruments par la numérisation de problématiques microscopiques à résoudre au travers d'un dispositif en ligne. L'expérience acquise par la résolution en autonomie des exercices en ligne permet de gagner en efficacité sur les manipulations réelles de l'appareillage.

Du point de vue des objectifs pédagogiques liés à la partie pratique de l'enseignement, ceux-ci peuvent être formulés de la manière suivante : à la fin de l'enseignement pratique, un apprenant devrait être capable de :

- Objectif 1 : Mettre en pratique les connaissances en investigation microscopique
- Objectif 2 : Appliquer des critères de classification en vue d'une identification d'un échantillon microscopique ;
- Objectif 3 : Appliquer de manière correcte les méthodes et éclairages d'investigation microscopique adaptés à différents types de problématiques ;

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles			Objectif 2			
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitives						

Tableau 11: Classification des objectifs d'apprentissage du projet de Microscopie interactive.

La mise en place de cette partie Moodle a également permis de désengorger les laboratoires de manière à améliorer l'expérience d'apprentissage lors des travaux pratiques sur la manipulation réelle des microscopes.

Le bilan du dispositif mis en place est jugé très positivement par les étudiants. Les interactions Moodle ont permis d'augmenter les compétences acquises au moyen d'exemples pratiques issus de différents domaines des sciences forensiques. Cette pratique réflexive en ligne s'est ressentie aussi lors de l'évaluation des connaissances avec l'observation d'une amélioration de la compréhension de la part des apprenants.

#### La dimension institutionnelle et de l'apport technologique

La question des coûts en matériel de microscopie pour répondre à l'augmentation des apprenants est une question récurrente. Ce projet d'investigation microscopique a permis de répondre à court terme à une problématique de disponibilité pratique de l'appareillage tout en maintenant des objectifs d'apprentissage au même niveau d'application.

#### Perspectives pour le projet

Le projet s'est appuyé technologiquement sur un projet d'imagerie médicale initié par la Faculté de biologie et de médecine développée par le Réseau Interfacultaire de Soutien à Enseignement et Technologies (RISET) et auquel nous avons participé. Ce projet permettant de créer toute une gamme de questions sur la base de séquences d'images dans la plateforme d'enseignement Moodle a été complètement repensé et offre désormais de nouvelles possibilités d'interactions qu'il serait intéressant de mettre en application avec certaines problématiques de microscopie.

Une perspective plus ambitieuse pour ce projet serait de se tourner vers les véritables solutions robustes et reconnues de microscopie virtuelle numérique. L'environnement libre et open source de type client-serveur Omero du consortium européen OME (2019) utilisé par certaines universités suisses serait une piste de développement prometteuse pour constituer un répertoire de problématiques d'investigation microscopique. Cette solution serait une alternative à long terme pour répondre aux problèmes récurrent de disponibilité des appareils de microscopie.

## 12.3 L'exploitation du compte-rendu

Nous avons aussi participé comme ingénieur pédagogique à trois projets qui s'inscrivent non plus sur le plan de l'établissement de l'empreinte du tenant-lieu comme objet d'apprentissage, mais sur celui de

l'utilisation ou de l'exploitation du compte-rendu qui devient dès lors ressource d'apprentissage. Les deux premiers projets, CrimeSim et SimInfo ont recours au compte-rendu photographique de l'enquête principalement pour contextualiser et mettre en situation la gestion d'une enquête, alors que ICaRe exploite les informations de ce compte-rendu pour mener une réflexion indiciare dans des activités de résolution de problème.

### 12.3.1 CrimeSim

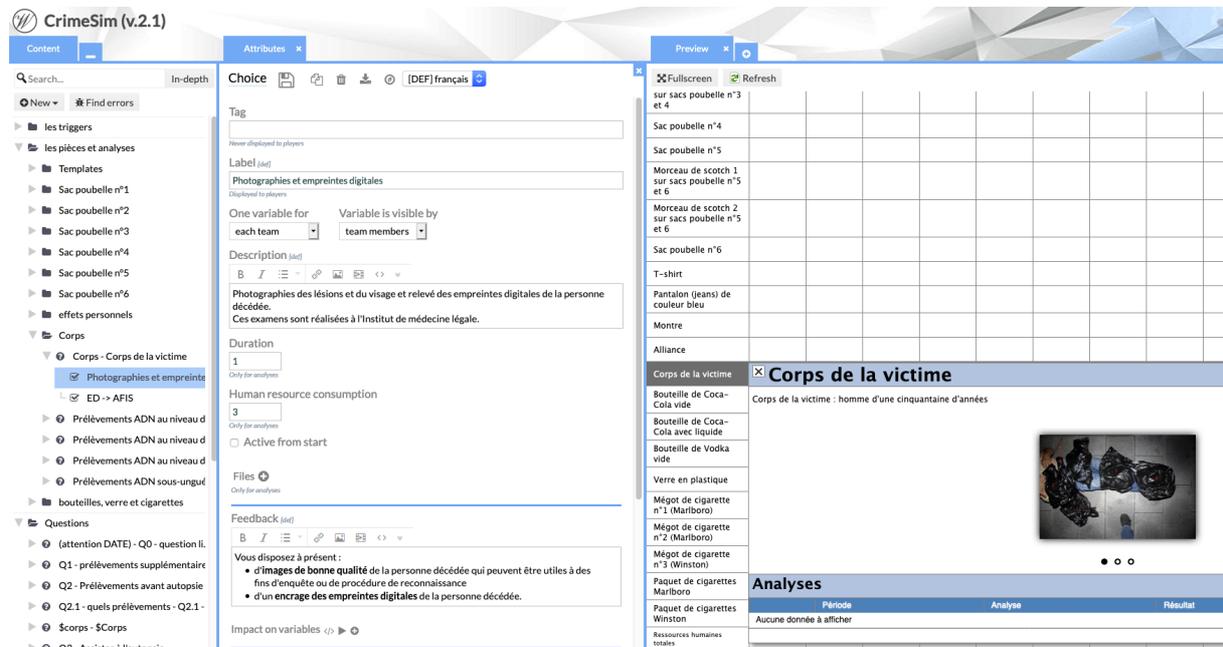


Figure 132 : Interface scénariste du jeu CrimeSim créé par le professeur Delémont dans la plateforme Wegas développée par l'équipe du professeur Jaccard de l'HEIG-VD (AlbaSim, 2019).

<i>Responsable :</i>	Prof. Olivier Delémont
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Partenaires :</i>	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD), prof. Dominique Jaccard
<i>Concepteur-développeur :</i>	Equipe Albasim de l'HEIG-VD
<i>Année de développement :</i>	2012
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.3 : Résumé de la demande de financement

### Descriptif du projet

Dans le cadre des études en science forensique, des scénarios fictifs ou issus de situations réelles sont régulièrement imaginés pour que les apprenants conduisent des examens techniques et une évaluation de leurs résultats. Ces activités pratiques centrées sur la réflexion indiciare sont courantes et probablement

essentielles à l'apprentissage de la matière. Cependant, ces mises en situation fictives, de par leurs composantes très techniques et individuelles, ne permettent généralement pas d'aborder toutes les problématiques liées à la gestion de l'affaire traitée (identification des besoins, gestion des ressources et des délais, établissement des priorités, des séquences d'examen, etc.). Le projet CrimeSim vise à faire sortir l'apprenant de ce rôle de « technicien » pour lui faire prendre un peu de recul sur ces activités habituelles pour qu'il endosse celui de « gestionnaire ». Il s'agit ici de mettre en place une activité en ligne de simulation de gestion d'une affaire judiciaire sous la forme d'un *jeu sérieux*. Dans ce contexte, le besoin pédagogique est donc lié au développement de la capacité pratique à gérer une affaire par certaines décisions opérationnelles ayant des conséquences sur le développement de l'enquête, en prenant en compte l'ensemble du problème et en optimisant le processus sous de multiples contraintes : coûts, délais, incompatibilité d'analyses, ajustement des priorités, exigences et pressions externes, etc.

Pour ce faire, le projet a consisté en 2 entités distinctes : la plateforme de création du « *jeu sérieux* » nommée Wegas développée par l'équipe du professeur Dominique Jaccard de la HEIG-VD et la création d'un jeu complexe élaboré à l'ESC par le professeur Olivier Delémont sur la base d'un cas réel.

Dans ce contexte de jeu sérieux, qui n'a pas de rapport direct avec l'imagerie judiciaire, celle-ci y a tout de même potentiellement une double fonction : fonction de contextualisation de l'affaire abordée et d'immersion dans le jeu. Dans le jeu sérieux mis en place, nous avons fait le choix délibéré de la déstabilisation des apprenants en ne proposant que le strict minimum d'information visuelle. Dans cette perspective, CrimeSim apporte également une contribution à une réflexion plus générale sur les rôles multiples des images en relation avec les activités de la police : l'image est-elle indispensable pour raisonner de manière adéquate sur l'affaire à gérer ? Où, dans ce contexte, les images ont-elles tendance à favoriser l'interprétation et la projection personnelles alors qu'au contraire, l'absence de supports visuels d'information oblige les acteurs à la réflexion et aux échanges mutuels ? Il y a sans doute un équilibre à trouver dans l'usage de l'image entre ces deux postures pour bénéficier de l'apport du compte-rendu photographique dans les décisions à prendre sur la suite des événements sans pour autant restreindre l'imaginaire des acteurs. Il faut aussi considérer, en plus de la fonction de contextualisation du compte-rendu photographique, que celui-ci permet aussi une meilleure immersion pédagogique dans le jeu sérieux qui peut avoir un effet bénéfique à son bon déroulement.

## Discussion des résultats du projet

Le projet a pu être mené à terme dans les délais sur les deux fronts de la plateforme Wegas par l'équipe de développement Albasim et de l'implémentation du jeu par le professeur Delémont. Le projet CrimeSim a permis de mettre en place un premier scénario de jeux sérieux piloté par un outil numérique à l'ESC. Cette approche complémentaire complète l'éventail des types d'activités déjà proposées durant le programme d'étude. L'originalité de cette démarche d'implantation de jeu sérieux pour l'apprentissage de la gestion d'une scène de crime et des traces qui en découlent a suscité l'intérêt des médias : émission de Radio « CQFD » (RTS La Première, émission du 02.07.2014); participation à l'événement « NIFFF Extended » de 2016 organisé en marge du festival du film fantastique de Neuchâtel.

### La dimension pédagogique

L'activité de jeu sérieux a pour objectifs pédagogiques pour l'apprenant d'être capable de :

- Objectif 1 : Organiser et planifier une investigation de manière appropriée sur la base de certains critères valables et des connaissances professionnelles du domaine en tenant compte de certaines contraintes.
- Objectif 2 : Mettre en relation des connaissances spécifiques à chaque domaine forensique dans un contexte plus large de l'enquête réelle.

- Objectif 3 : Questionner, analyser et avoir un esprit critique face à sa collaboration et contribution dans une dynamique sociale de groupe.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles						
B. Connaissances conceptuelles				Objectif 2		
C. Connaissances procédurales						Objectif 1
D. Connaissances métacognitives				Objectif 3		

Tableau 12: Classification des objectifs d'apprentissage du projet CrimeSim.

Pour répondre à ces objectifs, le scénario pédagogique de jeu sérieux proposé s'articule autour d'une activité en petits groupes de moins de cinq personnes dans un enseignement mixte alternant discussions présentes et travail hors classe de groupe au travers du jeu dans le dispositif en ligne. Chaque groupe doit aboutir à un compromis pour chacune des étapes de leur investigation, en définissant leurs priorités en fonction de leur compréhension des besoins de l'enquête, de leurs connaissances professionnelles et des ressources dont ils disposent. Leurs choix, et les résultats qui en découlent sont ensuite présentés, confrontés à la stratégie des autres groupes et discutés lors des séances plénières. À ce jour, l'utilisation de ce jeu sérieux a répondu aux attentes des tuteurs et des joueurs.

#### La dimension opérationnelle

Cette démarche, combinant les aspects d'immersion propres aux outils de simulation et une démarche de nature ludique, a été implantée dans le cadre de l'enseignement de Coordination de scène de crime accessible aux étudiants des Maîtrises en Science forensique, en Traçologie et analyse de la criminalité et en Droit, criminalité et sécurité des technologies de l'information. Plusieurs sessions de cet enseignement ont été menées en s'appuyant essentiellement sur le développement de CrimeSim ; l'utilisation de ce nouvel outil pédagogique a emporté une bonne adhésion de la part des étudiants. Le nombre d'étudiants participant à cet enseignement optionnel a d'ailleurs fortement augmenté depuis l'usage de ce jeu sérieux comme activité principale d'enseignement.

#### Perspectives pour le projet

Le projet CrimeSim est arrivé à un moment où l'équipe AlbaSim de la HEIG-VD développait sa plateforme de jeu sérieux nommée Wegas sur la base de projets précédents. Ainsi, la création du jeu CrimeSim a dû se faire alors que cette plateforme n'était pas encore consolidée. Wegas offre désormais une solution numérique complète et stable de scénarisation de jeux sérieux complexes.

Cette première implémentation mériterait donc d'être approfondie et actualisée. Comme le démontrent les retours donnés par les étudiants par le biais de leurs évaluations, la mise en œuvre de cette méthode d'enseignement, dont la dimension ludique constitue la composante pédagogique, est prometteuse. Il y a trois axes de perspectives principaux pour ce projet. Le premier concerne l'implémentation d'autres parties dans le système pour proposer une certaine diversité de situations. Cependant, la conception d'un jeu sérieux reste un travail de longue haleine pour atteindre la complexité requise par le thème traité et les interactions à mettre en œuvre dans le système. Le deuxième axe, peut-être moins coûteux, concerne la composante d'immersion dans le jeu qui pourrait être améliorée d'une part en augmentant l'importance

du compte-rendu dans le système et d'autre part en renforçant la plastique ludique du jeu. Ces améliorations profiteraient probablement à la motivation et à la participation à l'activité par une contextualisation plus réaliste. Enfin, le troisième axe pourrait sortir du cadre un peu strict du jeu sérieux et s'orienter vers des approches plus hybrides mêlant à la fois certaines activités virtuelles au travers d'un dispositif numérique et réel dans le laboratoire ou en classe. C'est dans ce troisième axe de l'hybridation que s'inscrit le projet SimInFo que nous décrivons ci-dessous.

## 12.3.2 SimInFo

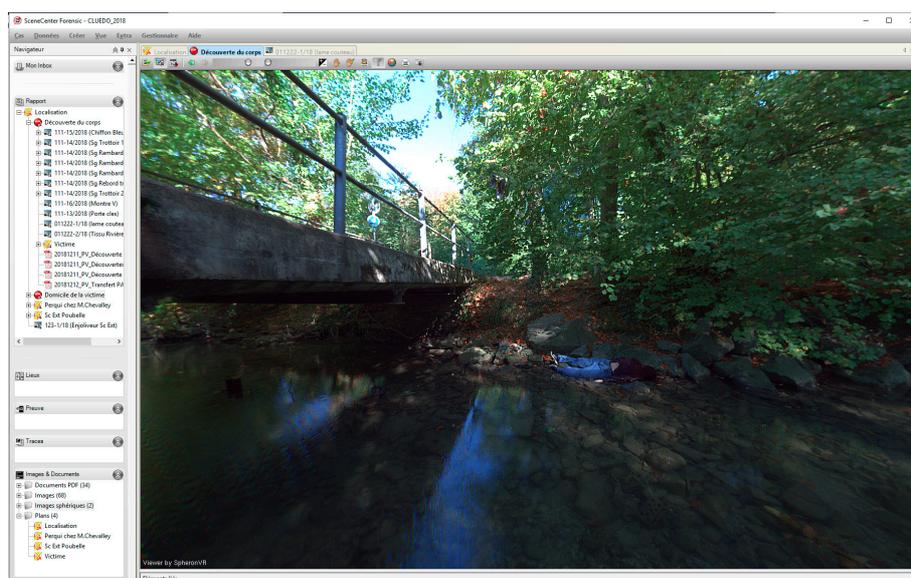


Figure 133 : Photographie à 360° d'une scène de crime simulée (repris du projet d'enseignement Cluedo de N. Kummer, 2018 qui faisait office de pilote pour ce projet).

<i>Responsable :</i>	Natalie Kummer
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Année de développement :</i>	Prévu et financé en 2020
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.4 : Résumé de la demande de financement

### Descriptif du projet

SimInFo est le seul projet décrit qui n'est pas encore réalisé puisqu'il ne débutera qu'au premier janvier 2020. Il nous semblait cependant important de le citer, car il est possible de faire certains rapprochements avec le projet CrimeSim, mais selon une stratégie d'enseignement un peu différente. Alors que CrimeSim relève essentiellement du jeu sérieux, le projet SimInFo s'oriente plus vers une simulation hybride entre activités d'investigation virtuelles et réelles qui débute par une étude de cas virtuelle.

Le projet SimInFo est donc imaginé dans une perspective intégratrice de différentes initiatives déjà existantes : notamment CrimeSim et un autre projet nommé Cluedo (Delémont et Kummer, 2018). Le projet Cluedo permet d'illustrer les différentes étapes d'une investigation forensique à l'aide d'une immersion photographique de scènes de crime à 360°, auxquelles sont associés les divers documents du dossier, tel que procès-verbaux de constatation par la police, rapports d'état des lieux fait par les investigateurs, résultats, photographies et rapports d'analyses des pièces à conviction.

Le projet SimInfo vise donc un scénario hybride entre jeu sérieux interactif virtuel et activités de laboratoire réelles à partir de l'investigation initiale d'une scène virtuelle à forte composante immersive grâce à une vision augmentée à 360°.

## Discussion des résultats attendus du projet

Nous n'avons pas encore de résultats à décrire à ce stade du projet qui débutera en 2020. Cependant, nous pouvons tout de même déjà décrire les objectifs d'apprentissage attendus par le projet :

- Objectif 1 : Organiser et planifier une investigation de manière appropriée sur la base de certains critères développés et des connaissances professionnelles du domaine en tenant compte de certaines contraintes.
- Objectif 2 : Mettre en relation des connaissances spécifiques à chaque domaine forensique dans un contexte plus large d'une enquête réelle.
- Objectif 3 : Questionner, analyser et avoir un esprit critique face à sa collaboration et contribution dans une dynamique sociale de groupe.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles						
B. Connaissances conceptuelles				Objectif 2		
C. Connaissances procédurales						Objectif 1
D. Connaissances métacognitives				Objectif 3		

Tableau 13: Classification des objectifs d'apprentissage du projet SimInFo.

L'outil permettra aux apprenants assumant des rôles de criminalistes, d'évoluer par étapes successives dans une investigation, via différents types de tâches à exécuter soit virtuellement dans le système, comme répondre à des questions, prendre des décisions et les justifier, soit réellement au laboratoire ou en classe. L'outil sera développé de manière à être ;

- Un outil de visualisation à 360° de la scène de crime, des pièces à conviction, des résultats et de documents qui permettra une immersion dans le cas (Cluedo) ;
- Un outil d'interaction et de communication permettant de faire évoluer les apprenants à travers les différentes étapes d'une investigation, un peu à la manière des jeux sérieux (CrimeSim) ;
- Un outil de gestion et de suivi des choix opérationnels et des réflexions, qui permettra suivre l'évolution des apprentissages (CrimeSim). Ces informations permettront également de facilement comparer les propositions entre elles pour provoquer certaines discussions en groupe en fonction des options divergentes mises en évidence.

### 12.3.3 ICaRe

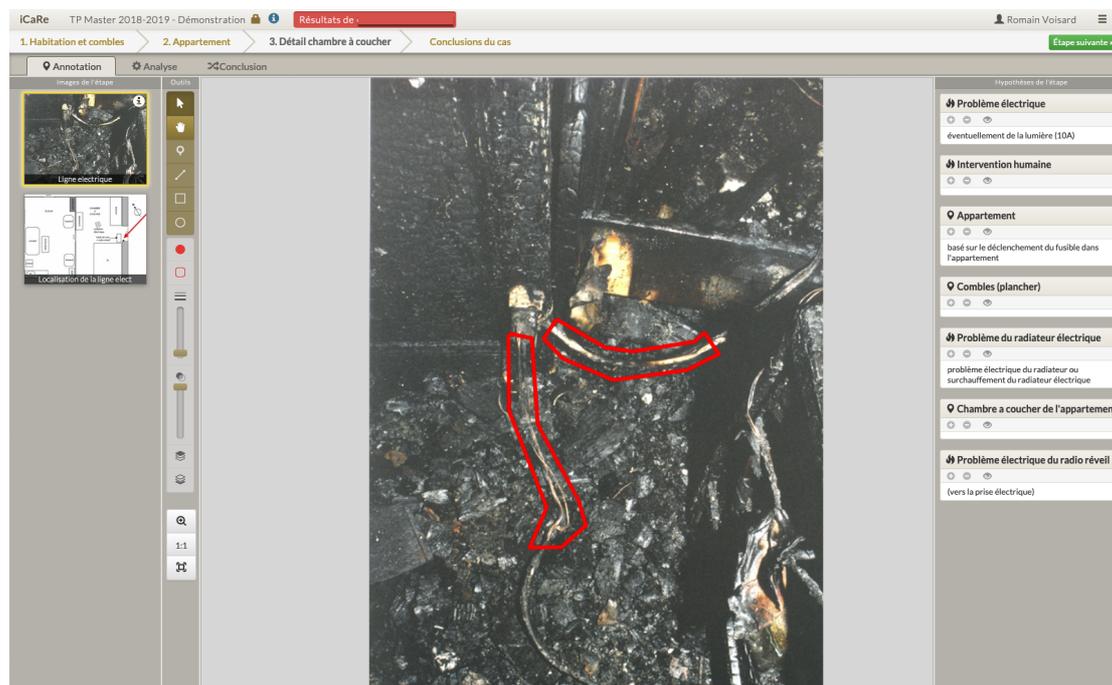


Figure 134 : Interface du projet Icare de visualisation et d'annotation des images de compte-rendu organisées en étapes avec la création d'hypothèses générées par les observations.

<i>Responsable :</i>	Prof. Olivier Delémont
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Année de développement :</i>	2012 puis 2017
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.5 : Résumé de la demande de financement Annexes 3.1 : Guide d'utilisation du dispositif pédagogique

#### Descriptif du projet

Le projet ICaRe (Image-based Case Resolution system) constitue un bon exemple qui illustre les retombées bénéfiques des mandats d'expertises menés à l'ESC sur l'enseignement. L'ESC réalise régulièrement des investigations dans le domaine des incendies. Toutes ces investigations réalisées dans des conditions réelles sont documentées par un compte-rendu photographique réalisé sur les lieux par les intervenants. L'idée du projet profite de ce compte-rendu pour proposer des situations d'investigation réelles aux apprenants pour déterminer l'origine et la cause probable de chacun des incendies. Ainsi, le dispositif ICaRe est un projet d'apprentissage par enquête qui consiste à identifier les éléments pertinents dans un compte-rendu photographique représentant l'essentiel de la documentation du problème traité. L'investigation en incendie consiste prioritairement à localiser son origine probable puis à en déterminer la cause. La détermination de l'origine puis de la cause repose sur la compilation et l'exploitation

d'observations de traces, sur la dynamique de propagation du feu et d'informations pertinentes provenant de témoins, etc. Par conséquent, l'enquête en incendie est une entreprise complexe qui fait appel à des connaissances multidisciplinaires et à une méthodologie scientifique particulière. Elle met en jeu prioritairement des compétences fondées sur des expériences de terrain.

L'objectif du projet est de mettre en place un dispositif numérique au travers duquel chaque apprenant réalise des investigations complètes, individuellement ou en petits groupes, en exploitant des données réelles.

### Discussion des résultats du projet

Le projet ICaRe a abouti à la création de toute pièce d'une application numérique en ligne dédiée à cette activité d'enseignement. Le dispositif héberge désormais une bibliothèque d'une trentaine de cas réels différents et permet de réaliser des activités aussi bien en Baccalauréat universitaire, qu'en Maîtrise ou lors de formations continues avec des professionnels.

#### La dimension pédagogique

L'activité d'études de cas proposé dans ce projet vise des compétences d'analyse de haut niveau dans la taxonomie de Krathwohl. Les objectifs d'apprentissage peuvent être définis de la manière suivante :

- Objectif 1 : Mettre en pratique les connaissances sur les traces et la dynamique du feu dans un contexte d'investigation en incendie ;
- Objectif 2 : Juger et justifier les décisions prises sur la base des examens effectués ;
- Objectif 3 : Appliquer une méthodologie hypothético-déductive adaptée à une investigation sur l'origine et la cause d'un incendie réel sur la base d'un compte-rendu photographique ;
- Objectif 4 : Analyser et comparer ses résultats d'apprentissage par rapport aux autres apprenants.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles					Objectif 2	
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitives				Objectif 4		

Tableau 14: Classification des objectifs d'apprentissage du projet ICaRe.

Pour atteindre ces objectifs, la structure du dispositif numérique est guidée de manière assez stricte par un scénario pédagogique organisé en étapes progressives dans l'investigation. Chaque étape possède quatre phases :

1. La phase d'annotation des images proposées dans chaque étape : l'apprenant indique ses observations par des outils d'annotation d'image relativement simples. Chaque annotation peut être documentée par des métadonnées supplémentaires (titre, remarques, etc.) et être reliée à certaines propositions. Les images de chaque étape visent une thématique particulière de l'investigation en commençant par une vision générale de la scène. Puis, au fur et à mesure des étapes, les pistes envisagées comme origine et cause sont présentées les unes après les autres en

suivant une progression dans l'investigation. Il faut remarquer que ce n'est pas forcément la dernière étape qui contient les informations de résolution du cas.

2. Au regard de ses observations, l'apprenant formule certaines propositions quant à l'origine du départ du feu ou sa cause dans le système.
3. Pour terminer chaque étape, l'apprenant est invité à pondérer la vraisemblance des propositions formulées.
4. Le système propose ensuite à l'apprenant de comparer ses propres propositions, leur pondération respective, à celles d'un « investigateur de référence » à partir des mêmes images.

L'investigation continue selon ce même schéma jusqu'à l'étape finale et la pondération finale des propositions.

La documentation du cas réalisée via l'interface Web par chaque apprenant et représentant son raisonnement au fil de l'avancée de l'enquête est ensuite utilisée comme support de démonstration lors d'une évaluation orale.

Le système ICaRe permet différents types de scénarios en fonction du contexte d'enseignement et des objectifs d'apprentissage spécifiques.

- La possibilité de choisir n'importe quel résultat déjà enregistré comme « investigateur de référence ». On peut ainsi choisir un « investigateur de référence » qui oriente dans la bonne direction ou l'inverse.
- La possibilité de créer des cas identiques en faisant varier l'ordre des étapes que l'on soumet à deux populations différentes afin d'étudier l'impact de cet ordre sur les résultats obtenus.
- La possibilité d'avoir des hypothèses libres que l'apprenant doit déterminer lui-même permettant une flexibilité totale, mais qui nécessite plus de travail de correction ; ou d'avoir des propositions déterminées et fixes qui orientent les apprenants sur les questions d'intérêts, mais qui permettent de faire rapidement des statistiques sur l'évolution d'une classe.

#### La dimension institutionnelle et de l'apport technologique

L'investigation en incendie requiert l'acquisition indispensable d'une expérience de terrain pour mettre en application les notions théoriques. L'enseignement en investigation en incendie a fonctionné durant plusieurs années par une étude de cas où les apprenants se déplaçaient en groupe sur une scène réelle. Pour diverses raisons de sécurité, de nombre d'apprenants et d'organisation, l'enseignant a dû renoncer à cette activité grandeur nature.

C'est naturellement que nous avons étudié la possibilité de remplacer cette activité réelle par une virtuelle tout en restant ancrée dans l'étude de cas réel. L'apport de la technologie ne remplace pas la véritable expérience de terrain, mais permet de proposer une variété de situations réelles difficilement abordable sans la technologie.

L'apport de la technologie ne s'arrête cependant pas là. Celle-ci permet l'enregistrement systématique du raisonnement hypothético-déductif de chaque apprenant. Dans cette optique, le numérique permet de s'intéresser non seulement au résultat, mais aussi au processus réflexif de chaque apprenant qui l'amène à ce résultat. Cette information peut être traitée par l'enseignant soit individuellement pour chaque apprenant, soit globalement pour classe. Ainsi, l'enseignant, lors d'une séance plénière peut identifier et montrer par exemple le fait que deux populations dans la classe prennent à un moment donné des orientations complètement divergentes à partir d'une même situation, et provoquer une discussion entre pairs.

L'évaluation en continu des processus de résolution occupe une place de plus en plus importante dans les enseignements proposés à l'ESC. Les index numériques, enregistrés automatiquement par le dispositif ou volontairement par l'apprenant, jouent un rôle majeur dans le suivi pédagogique des processus d'apprentissage.

#### La dimension opérationnelle

Les activités d'études de cas en investigation en incendie sont proposées depuis 2012 au travers du dispositif ICaRe en Baccalauréat avec les Méthodes en investigation d'incendies qu'en Maîtrise avec Causes d'incendie ou d'explosion. Ces deux enseignements sont suivis désormais par environ 60 étudiants chacun par année. Cette activité occupe une part importante des travaux pratiques associés à ces deux enseignements.

#### Perspectives pour le projet

La plateforme ICaRe a beaucoup évolué au cours des années avec une refonte complète du système en 2017 pour intégrer les technologies que nous avons mises en place avec les nouveaux projets d'annotations que nous décrirons dans les chapitres suivants. Nous avons profité de cette refonte pour apporter certaines améliorations au système surtout dans l'ergonomie utilisateur et sur l'interface d'évaluation du superviseur.

L'implémentation de l'activité dans l'enseignement actuel assure, selon nous, sa pérennité à moyen terme. Les améliorations principales qui pourraient être apportées au système concernent l'optimisation de l'exploitation des index numériques récoltés qui déchiffrent la progression des apprenants. Cette optimisation passe probablement par une réflexion approfondie sur des méthodes de visualisations qui mettent en exergue les patterns de raisonnement convergents ou, au contraire, divergents.

## 12.4 Examen d'exploitation de l'information visuelle de l'empreinte d'instanciation secondaire

Certains autres projets ne s'intéressent plus de manière globale à tout un compte-rendu, mais se concentrent sur l'examen de la vue analogique d'une photographie particulière pour en identifier certaines entités caractéristiques dans un contexte donné et les extraire pour en former un modèle. Ce modèle pourra ensuite être utilisé dans différents types de processus comme celui de l'identification de la source. Les deux premiers projets, PiAnoS et CIMAF reposent sur l'examen d'empreintes du tenant-lieu et aboutissent de ce fait à une empreinte d'instanciation secondaire authentique alors que le projet ANOT porte généralement sur l'examen d'index photographiques qui ne sont pas optimisés, dès leur création, pour l'analyse forensique qui va en être faite.

L'annotation d'image intervient dans le contexte de l'établissement de l'empreinte d'instanciation secondaire avec une double fonction de modélisation et de communication. D'un côté, l'annotation fait partie intégrante du processus d'examen d'extraction du modèle et d'un autre côté, elle agit comme objet communicationnel et permet de rendre explicite la profondeur de l'examen réalisé, son impartialité et d'argumenter sur une prise de position.

## 12.4.1 PiAnoS

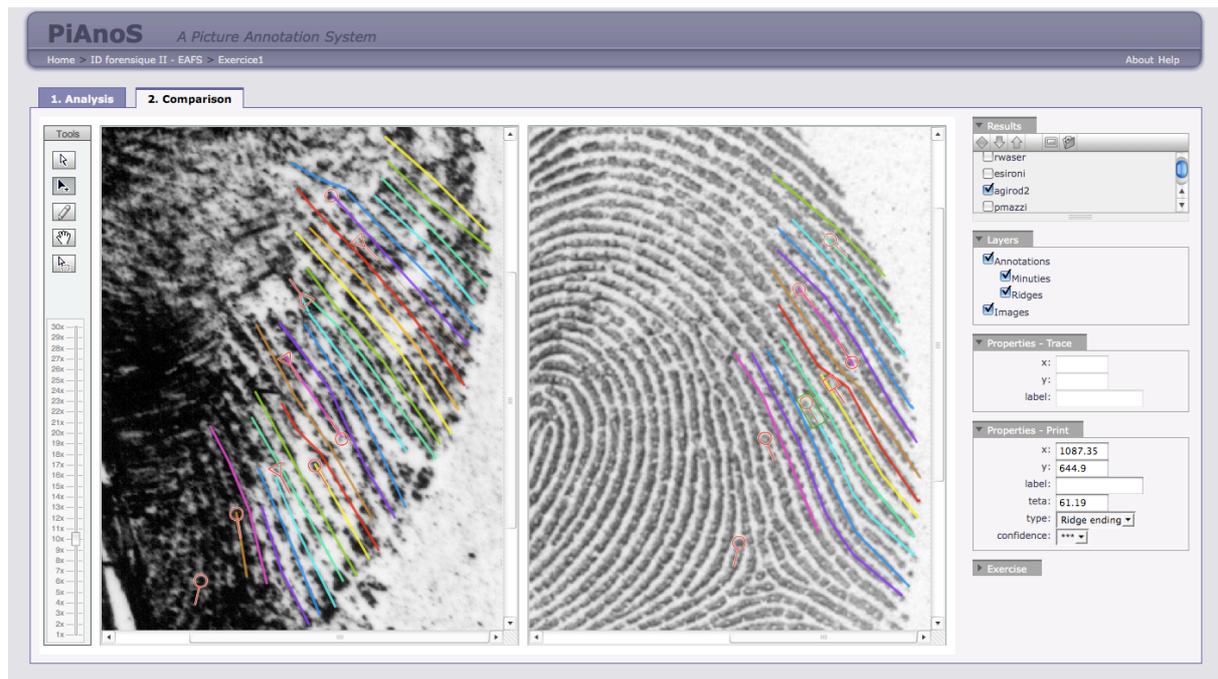


Figure 135 : Interface d'annotation de traces papillaires du projet PiAnoS.

<i>Responsable :</i>	Prof. Christophe Champod
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Année de développement :</i>	2007 puis 2014 par d'autres développeurs
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.6 : Résumé de la demande de financement Annexes 3.2 : Guide d'utilisation du dispositif pédagogique

### Descriptif du projet

En criminalistique, le processus d'identification repose sur le résultat d'une comparaison entre un modèle extrait d'une trace avec un modèle de référence. L'identification et l'interprétation de formes ou de stigmates d'intérêts à partir de l'information visuelle de photographies de traces papillaires sont des démarches où le spécialiste tire profit de ses connaissances du domaine et de ses capacités cognitives. Ce travail d'analyse se fait sur des images souvent bruitées ou à faible contraste qui échappent principalement à toute analyse automatique. Le processus de comparaison et d'annotation qui en découle est généralement divisé en trois étapes selon le protocole d'examen appelé ACE-V, à savoir, l'analyse, la comparaison, l'évaluation et la vérification ultérieure.

L'intention du projet repose sur un double constat. Premièrement, l'annotation des caractéristiques identifiées pertinentes obtenues lors des processus d'analyse et de comparaison menés par un apprenant-

examineur n'est pas toujours forcément effectuée dans un environnement approprié et dédié. Nous notons, durant les études, un manque de standardisation dans les outils d'annotation et un processus d'examen qui ne correspond pas à une application stricte du protocole ACE-V qui invite à séparer complètement l'analyse de la comparaison. Deuxièmement, pédagogiquement, les résultats de l'examen sont difficiles à évaluer et à comparer d'un apprenant à l'autre, en particulier dans un environnement de classe comptant de nombreux étudiants.

Ainsi, le projet consiste à développer une application Web pédagogique dédiée à ces annotations, à la documentation et aux caractéristiques d'intérêt observées au cours du processus d'identification des traces papillaires. Le premier ensemble d'outils d'annotation couvre les besoins du travail des examinateurs d'empreintes digitales et vise à permettre une annotation d'entités de niveau 2 à savoir, définir des zones d'intérêt, des tracés de crêtes papillaires et de minuties.

Les principaux objectifs du projet sont de fournir :

- Un environnement de travail approprié pour les examinateurs qui regroupe tous les outils nécessaires (sélection, définition des caractéristiques, lignes, zoom, annotations spécifiques, gomme, etc.) et enregistre tous les résultats dans une banque de données.
- Quelques outils visuels permettent de créer des cas, d'évaluer et de comparer les résultats des examens pour chaque examinateur, ou groupe d'examineurs.

PiAnoS (Picture Annotation System) est le nom du dispositif numérique développé qui répond à cette double intention d'environnement d'annotation dédié et de facilitation d'exploitation pédagogique des résultats. Le système est développé initialement dans le domaine de l'identification des traces papillaires, mais son principe peut être adapté à tout autre type d'annotation ayant un protocole d'annotation relativement structuré comme nous avons pu le vérifier avec d'autres initiatives qui découlent du même principe de fonctionnement que PiAnoS et que nous décrirons dans les projets suivants.

## Discussion des résultats du projet

PiAnoS est le premier projet d'annotation que nous avons mené à l'ESC. C'est à partir de ce projet que nous avons formalisé notre logique pédagogique d'annotation d'image. Le projet a permis d'aboutir en 2009 à une première version du dispositif d'annotation qui a directement été utilisé en 2009 pour un atelier organisé par le professeur Christophe Champod lors d'une conférence internationale de spécialistes de traces papillaires.

### La dimension pédagogique

Le dispositif numérique PiAnoS permet de proposer aux apprenants de multiples problématiques d'identification de traces papillaires. Ces activités où les apprenants prennent le rôle d'examineurs permettent à ceux-ci de :

- Objectif 4 : Mettre en pratique les connaissances sur les traces papillaires dans un contexte d'analyse ;
- Objectif 5 : Juger et justifier les décisions prises sur la base des examens effectués ;
- Objectif 6 : Appliquer une méthodologie d'examen adaptée à la comparaison de traces papillaires ;
- Objectif 7 : Analyser et comparer ses résultats d'apprentissage par rapport aux autres apprenants.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles					Objectif 2	
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitives				Objectif 4		

Tableau 15: Classification des objectifs d'apprentissage du projet PiAnoS.

Le scénario pédagogique des activités proposées au travers du dispositif PiAnoS correspond au scénario générique de notre logique pédagogique d'annotation. Généralement, lors d'une activité supervisée, l'enseignant prépare des dossiers d'empreintes à examiner que chacun devra réaliser selon une méthodologie ACE-V définie. Durant la phase d'annotation, le système va enregistrer un certain nombre d'index numériques qui permettront de retracer la méthodologie utilisée par chaque apprenant. Une fois la phase d'annotation et les conclusions soumises, l'enseignant pourra comparer les résultats obtenus soit par certains outils statistiques proposés dans l'interface propriétaire soit par l'usage des différents calques d'utilisateurs regroupant toutes leurs annotations.

Enfin, dans une dernière phase, l'enseignant élabore un retour formatif. S'il observe une grande diversité dans les résultats, il pourra exposer aux apprenants cette diversité en exploitant les outils de visualisation comparative du dispositif d'enseignement. Par le côté subjectif et clairement associé à l'expérience de ces observations, les variations observées entre opérateurs sont parfois importantes. Cependant, les méthodes d'enseignement classiques basées sur un système non intégré d'annotations disparates ne permettent que dans une faible mesure de développer cette visualisation de l'inter variabilité des résultats. Ce projet permet désormais de capitaliser sur ces variations par une gestion et une visualisation systématique des données acquises afin de pouvoir effectuer un apprentissage de groupe sur les caractéristiques annotées, leur reproductibilité et leur contribution potentielle dans le processus d'identification. Cette composante est essentielle pour l'apprentissage des processus fondamentaux qui doivent accompagner le travail d'identification.

#### La dimension institutionnelle

Le projet a sans doute eu un impact majeur dans l'enseignement de l'exploitation de traces papillaires à l'ESC. Le projet PiAnoS est utilisé dans des activités de plusieurs enseignements de cursus de Maîtrise en science forensique depuis 2007 jusqu'à actuellement. Le dispositif a beaucoup évolué après le projet auquel nous avons participé et s'est enrichi de nombreuses fonctionnalités. Le système créé en Flash en 2007 a été complètement refait par d'autres personnes sur une autre technologie en 2014 en exploitant les possibilités de dessin de la balise HTML5 SVG (Scalable Vector Graphics) tout en reprenant les grands principes de fonctionnement. Ces fonctionnalités sont désormais aussi bien tournées vers l'enseignement que vers la recherche ou vers le service auprès de partenaires externes si bien que plusieurs instances de PiAnoS fonctionnent simultanément, chacune étant paramétrée selon des usages différents.

#### La dimension de l'apport technologique

Nous avons déjà présenté l'apport technologique de ce genre de dispositif dans notre logique pédagogique de l'annotation d'image. Cependant, ce projet présente une particularité en plus des autres projets qui s'inscrivent dans cette logique. Le dispositif d'annotation profite de la recherche effectuée sur l'évaluation

de la comparaison des traces papillaire par laquelle émergent certains modèles de calculs statistiques. Certaines instances de PiAnoS sont désormais couplées à ces modèles de calcul statistiques d'évaluation automatique du rapport de vraisemblance d'une correspondance sur la base des annotations de comparaison. Ce genre d'automatisme d'évaluation est inimaginable sans un environnement d'annotation spécifique préalable.

### Perspectives pour le projet

Le dispositif PiAnoS est un système d'annotation prometteur qui a joué un rôle indéniable de catalyseur sur ces questions d'annotations à l'ESC. Il souffre selon nous encore de plusieurs problèmes de conception quant à l'architecture du système qu'il faudra tôt ou tard corriger.

Après un redéveloppement complet en 2014, il faudra sans doute repenser l'architecture de son fonctionnement dans les prochaines années pour lui donner plus de flexibilité d'évolution à l'avenir. Une perspective raisonnable serait que le projet PiAnoS rejoigne l'écosystème d'environnements d'annotation que nous avons créés par la suite et que nous décrirons dans les projets suivants.

La création d'un nouvel environnement PiAnoS dans cet écosystème ne remettrait pas en question les fonctionnalités d'annotations du système actuel ni ses possibilités de couplage avec des modèles statistiques d'évaluation ni les différentes possibilités de service qui sont proposés actuellement. Il provoquerait cependant un changement de paradigme dans la gestion des utilisateurs et des activités d'annotations.

## 12.4.2 CIMAF

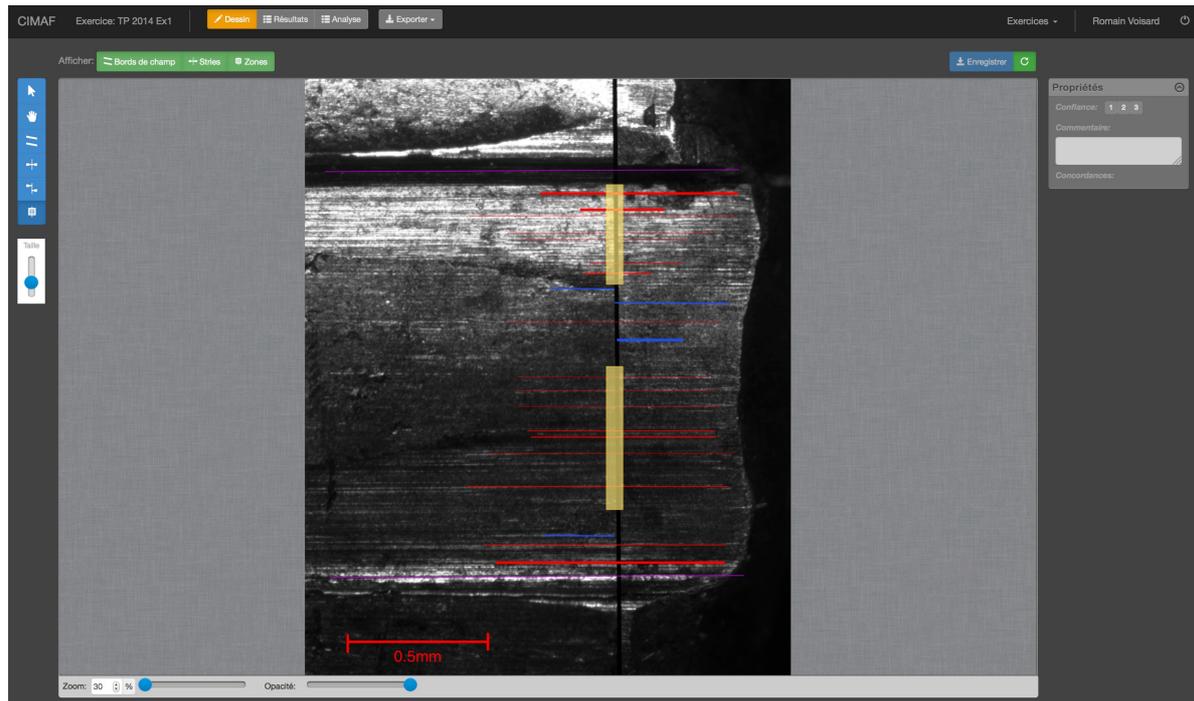


Figure 136 : Interface de l'environnement d'annotation du projet CIMAF utilisé pour préciser les concordances et les discordances entre deux projectiles.

<i>Responsable :</i>	Romain Voisard
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Année de développement :</i>	2014
<i>Collaborateurs :</i>	Julian Broséus, Jean-Michel Carrier, Dürdica Hazard, Maya El-Charbaji
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL et CHF 10'000 de soutien de la FDCA
<i>Annexes :</i>	Annexes 2.7 : Résumé de la demande de financement Annexes 3.3 : Guide d'utilisation du dispositif pédagogique

### Descriptif du projet

Le projet CIMAF s'inscrit dans la même optique d'annotation que son précédent PiAnoS, mais adapté à la problématique de l'identification d'une arme ayant tiré un projectile ou une douille sur la base des traces laissées sur ces éléments de munition lors du tir.

Ce projet partage donc les mêmes objectifs que le précédent, mais s'en distingue sur les outils d'annotations proposés qui sont spécifiques à la problématique des armes à feu et sur l'architecture du dispositif.

L'enjeu principal de ce projet n'est plus forcément pédagogique, mais est technologique. En effet, nous avons pu mettre en avant l'apport pédagogique amené par le projet PiAnoS qui a permis la mise en place de ce que nous avons appelé la logique pédagogique de l'annotation d'image. Cette logique est transférable et transversale à toute problématique reposant sur ce type de raisonnement indiciaire d'extraction de modèles par l'annotation. Désormais, l'enjeu est de penser l'architecture du dispositif technologique de manière aussi transversale que la logique pédagogique sous-jacente qu'il met en œuvre.

L'objectif principal du projet revient à prendre du recul sur le dispositif et à s'intéresser au plan architectural d'un écosystème d'annotation d'images qui contient différents environnements d'annotation spécifiques. Ainsi, le projet CIMAF ne représente qu'un environnement particulier d'un écosystème d'annotation plus global que nous avons appelé ADIM (pour annotation d'images) développé dans le cadre des activités du RISET (ADIM, 2014).

### Discussion des résultats du projet

Le projet CIMAF a donc fait partie d'un projet plus global d'annotation d'image qui a nécessité un effort de développement plus conséquent qui s'est étendu sur quelques mois supplémentaires par rapport aux délais initiaux. La globalité du système a pu être développée et a abouti directement à un écosystème à 3 environnements d'annotation, dont un environnement générique. Les activités pédagogiques réalisées au travers de ces environnements ont été aussi intégrées à la plateforme d'apprentissage Moodle.

Ce projet a aussi été un défi particulier par les choix techniques sur lesquels se fonde l'application qui étaient partiellement nouvelles pour le concepteur-développeur et qui se distinguent de celles utilisées pour le projet PiAnoS. L'interface d'annotation repose sur Paper.js (2012), une librairie JavaScript de dessin vectoriel qui s'intègre comme une extension paramétrable dans une application de gestion basée sur un framework Python nommé Django (2005). Un des enjeux de ce projet a été de dissocier les différents composants des différents niveaux applicatifs pour en faire une application globale extensible et adaptable le plus facilement possible.

Il est possible ainsi de créer, à partir de ce projet, de multiples environnements d'annotation qui ont leurs propres outils et leur propre scénario d'usage.

#### La dimension pédagogique

Les activités d'annotation de l'environnement CIMAF dédié à l'annotation d'éléments de munition ont pour objectifs pédagogiques :

- Objectif 1 : Mettre en pratique les connaissances sur les traces de projectiles dans un contexte d'analyse ;
- Objectif 2 : Appliquer une méthodologie d'examen adaptée à la comparaison de traces de projectiles ;
- Objectif 3 : Juger et justifier les décisions prises sur la base des examens effectués ;
- Objectif 4 : Analyser et comparer ses résultats d'apprentissage par rapport aux autres apprenants.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles					Objectif 2	
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitives				Objectif 4		

Tableau 16 : Classification des objectifs d'apprentissage du projet CIMAF.

Ces objectifs se placent exactement au même niveau hiérarchique que ceux du projet PiAnoS vu que sur le plan pédagogique, l'activité se fonde sur les mêmes principes de fonctionnement et les mêmes scénarios d'usage. Seul change le domaine d'application aux éléments de munitions.

Si la logique pédagogique reste la même d'un domaine à un autre, il en est tout autre de l'environnement d'annotation, du scénario d'annotation et des visualisations à proposer à l'enseignant qui sont totalement différentes.

Même si certaines visualisations statistiques changent en fonction du domaine traité, nous avons gardé la même logique de comparaison par superposition par calque qui permet de visualiser rapidement et facilement l'ampleur de la diversité des annotations entre certains examinateurs comme dans Figure 137.

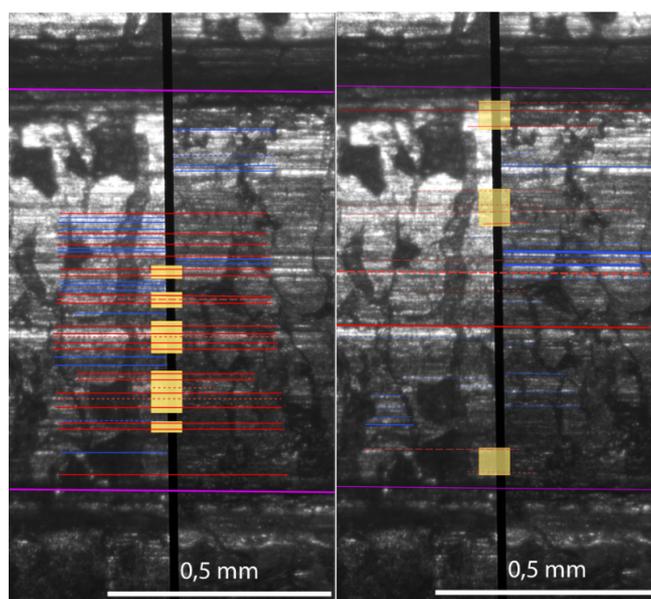


Figure 137 : Différences entre deux apprenants concernant leurs annotations respectives de correspondances et de discordances entre deux projectiles à partir d'une image de comparateur. Les deux images sont présentées ici côte à côte, mais elles correspondent à des calques différents dans le système d'annotation.

### La dimension institutionnelle

Le projet informatique CIMAF a pris un tournant architectural en opérant le choix institutionnel de développer ce projet sous la forme d'un environnement particulier d'un écosystème à l'architecture plus large : ADIM. L'écosystème ADIM, hébergé par l'Université de Lausanne au travers du RISET propose donc désormais différents environnements d'annotation : un environnement général pour tout usage générique, les environnements CIMAF et ANOT développés pour les enseignements de l'ESC et un environnement de géomorphologie pour certains enseignements de la Faculté des géosciences et de l'environnement.

L'écosystème ADIM prévoit deux types d'intégration possible des activités d'annotations dans l'enseignement, soit directement par l'interface ADIM (2014), soit en passant par une activité de la plateforme d'apprentissage Moodle de l'UNIL. L'intégration dans Moodle permet la gestion automatique du partage aux apprenants qui est pris en charge automatiquement par la plateforme d'enseignement.

### La dimension opérationnelle

L'environnement CIMAF est utilisé dans les enseignements pratiques d'Identification d'armes à feu à partir d'éléments de munitions dans le cadre de la Maîtrise en sciences forensiques. Ces activités d'annotation sont particulièrement adaptées pour réaliser des exercices préalables au travail sur comparateur. Les exercices sont créés et proposés aux apprenants au travers de l'espace du cours dans la plateforme Moodle.

### Perspectives pour le projet

Le projet répond en tout point aux besoins qui concernent l'annotation de caractéristiques sur des éléments de munitions. Il serait cependant important de pouvoir manipuler les images comme si l'on observait l'élément de munition au travers d'un comparateur virtuel. Ce comparateur virtuel permettrait de déplacer les deux images de projectiles et le couteau les séparant, indépendamment les uns des autres. Ces fonctionnalités de comparateur virtuelles seraient couplées à des images de déroulé complet de projectiles permettant de réaliser des observations sur l'entièreté du projectile. De telles images de déroulés complets sont produites par le système EvoFinder<sup>TM</sup> de comparaison automatique de projectiles. A ces fonctionnalités de comparateur virtuel qui dépasse largement la problématique de l'annotation, pourrait aussi s'ajouter la possibilité d'avoir plusieurs projectiles de références à comparer avec celui indiciaire.

Ces nouvelles possibilités, mises ensemble, permettraient de proposer des exercices plus complexes où s'ajoute une couche d'investigation virtuelle à celle des annotations. La diversité des résultats entre examinateurs s'en trouverait probablement encore largement augmentée.

### 12.4.3 ANOT

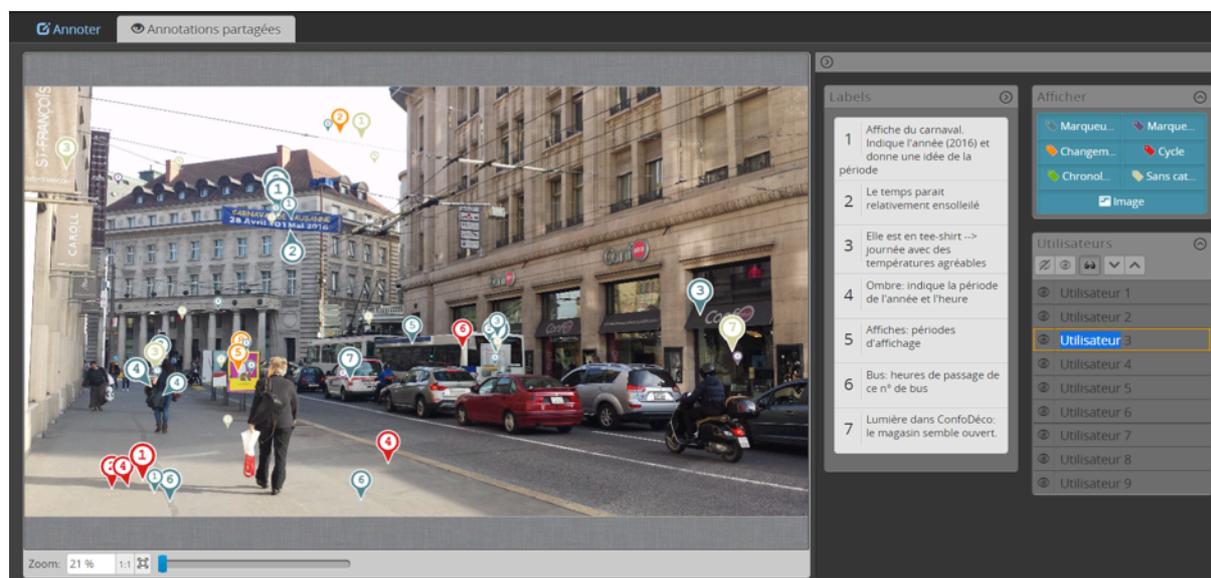


Figure 138 : Interface de l'environnement d'annotation du projet ANOT.

<i>Responsable :</i>	Prof. Céline Weyermann
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Conseillé pédagogique :</i>	Amaury Daele
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Année de développement :</i>	2015
<i>Collaborateurs :</i>	Cyril Muehlethaler
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL et CHF 10'000 de soutien de la FDCA
<i>Annexes :</i>	Annexes 1.2 : Publication (Weyermann, Daele, et al., 2015) Annexes 2.8 : Résumé de la demande de financement

#### Descriptif du projet

Le projet Annot est un projet de numérisation d'un apprentissage par problème déjà en place dans un enseignement qui aborde de manière transversale une approche systématique des aspects temporels en science forensique. Cette stratégie d'enseignement effectué en groupe et de manière interactive avec l'enseignante permet aux étudiants de développer une réflexion critique en situation proche de la réalité sur ces questions temporelles. L'intention de ce projet est d'améliorer l'autonomie et l'interactivité des apprenants par des dispositifs numériques différents permettant d'argumenter leurs réflexions de manière systématique et structurée tout au long de la résolution des différentes situations proposées. Ainsi, un

outil informatique collaboratif développé pour l'annotation spécifique des informations soumises par les étudiants, ainsi que leur analyse ultérieure, s'avérerait particulièrement utile.

Ce projet a donc pour but d'améliorer l'apprentissage des étudiants en les amenant à réfléchir de manière autonome sur la manière dont ils résolvent les problèmes temporels par la mise en évidence des éléments clés qu'ils identifient. Ne disposant par exemple que de photographies comme dans la Figure 138, les apprenants raisonnent pour identifier les différents signes temporels qui permettent de dater une série de photographie à partir de leur contenu.

Le lien entre ce projet d'apprentissage par problème sur la considération des aspects temporels avec l'imagerie judiciaire concerne particulièrement un type d'activités parmi d'autres. Cette activité repose une nouvelle fois sur la logique pédagogique de l'annotation. Ainsi, un nouvel environnement d'annotation avec des outils spécifiques a été créé dans l'écosystème ADIM. La différence avec les projets précédents repose sur le fait que les questions temporelles se posent essentiellement à propos d'index photographiques d'intérêt (image de témoins, de caméra de surveillances, images illicites, etc. alors que les autres projets exploitent l'information visuelle issue d'une empreinte du tenant-lieu.

### Discussion des résultats du projet

Grâce à la mise en place en 2014 de l'écosystème d'annotation ADIM, ce projet a pu se limiter à créer un nouvel environnement d'annotation spécifique à la situation d'apprentissage par problème traité en relation avec la photographie pour une partie du projet.

#### La dimension pédagogique

L'intention pédagogique de l'activité consiste à sensibiliser, voire habituer, les apprenants à rester attentifs et avoir conscience des éléments temporels tout au long de leurs investigations en proposant différents types de situations temporelles à résoudre par l'analyse de différents types de médias.

Toutes les activités d'apprentissage par problème mises en place dans le cadre de ce projet avaient des objectifs pédagogiques communs :

- Objectif 1 : Mettre en pratique les connaissances sur traces temporelles dans un contexte d'analyse ;
- Objectif 2 : Appliquer une méthodologie d'examen adaptée à la recherche et à l'exploitation de traces temporelles dans le contexte d'enquête ;
- Objectif 3 : Argumenter les décisions prises sur la base des examens effectués sur les questions temporelles ;
- Objectif 4 : Se montrer actif et autonome dans son apprentissage et interagir avec ses pairs par rapport aux décisions et à la gestion des avis divergents par rapport à la situation à résoudre.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles			Objectif 1			
B. Connaissances conceptuelles					Objectif 2	
C. Connaissances procédurales			Objectif 3			
D. Connaissances métacognitives				Objectif 4		

Tableau 17 : Classification des objectifs d'apprentissage du projet ANOT.

Un des types d'activité proposés dans ce projet a comme donnée d'analyse des index photographiques. Dans un scénario prévu, les étudiants sont même chargés de soumettre à l'analyse de leurs pairs des index particulièrement riches en éléments temporels.

Du point de vue de l'analyse temporelle des images, nous avons appliqué une nouvelle fois la logique pédagogique d'annotation en créant un nouvel environnement dédié à cette analyse. L'originalité de cet environnement d'annotation par rapport à ceux proposés jusqu'ici concerne l'ajout d'une couche sémantique aux outils d'annotation. Ainsi, chaque annotation est contextualisée dans un champ thématique. Les différentes thématiques d'annotation peuvent être configurées et adaptées de manière flexible à chaque problème proposé.

Le rapport de ce projet à la thématique de la photographie judiciaire étant limité à une partie du projet, nous ne détaillerons pas plus en avant les résultats du projet dans ses autres dimensions.

### Perspectives pour le projet

Une des dimensions qui pourrait être améliorée concerne l'augmentation de la complexité de la situation abordée. Actuellement, la problématique doit être abordée soit sur une seule image, soit l'étendre sur plusieurs activités différentes et indépendantes. Il n'est actuellement pas possible de proposer un dossier photographique à analyser sur l'axe temporel comme un tout.

Dans ce sens, pour proposer des dossiers plus complexes avec plusieurs images à traiter, il faudrait faire évoluer l'environnement vers un scénario plus proche du projet IcaRe d'investigation en incendies.

## 12.5 Empreinte argumentaire

Le dernier des projets s'inscrit sur le plan de l'empreinte argumentaire. La photographie est utilisée dans ce contexte comme un argument démontrant l'adéquation entre les résultats des examens, l'évaluation qui en est faite et les conclusions avancées.

### 12.5.1 Le projet élCAR

Figure 139 : Interface d'analyse des commentaires établis par les apprenants dans un contexte de relecture critique de rapport d'expertise scientifique. Les commentaires peuvent aussi bien porter sur les éléments de texte, mais aussi sur des images.

<i>Responsable :</i>	Prof. Alex Biedermann
<i>Ingénieur pédagogique :</i>	Romain Voisard
<i>Concepteur-développeur :</i>	Julien Furrer
<i>Année de développement :</i>	2012
<i>Collaborateurs :</i>	Aurèle Scoundianos
<i>Financement :</i>	CHF 30'000.- du Fonds d'innovation pédagogique de l'UNIL
<i>Annexes :</i>	Annexes 1.3 : Publication (Biedermann, Voisard, et al., 2014) Annexes 2.9 : Résumé de la demande de financement Annexes 3.4 : Guide d'utilisation du dispositif pédagogique

## Descriptif du projet

Dans son activité de mandats d'expertise, l'ESC produit pour ses mandataires toute forme de rapports d'expertise portant sur des champs très diversifiés. Au même titre, durant leurs études à l'École des sciences criminelles, les apprenants sont aussi amenés à rédiger un certain nombre de « rapports d'expertise » dans le cadre de leurs activités de résolution de cas fictifs. Tous ces travaux, même s'ils représentent une très grande source potentielle d'exemples variés (différents types d'expertises : empreintes digitales, ADN, arme à feu, rapport d'état des lieux, incendie, stupéfiants, etc.), écrits pour différents acteurs judiciaires : magistrats, pairs, polices sont actuellement très peu réutilisés dans un contexte pédagogique défini. La majorité de ces rapports sont accompagnés d'un cahier photographique donnant un éclairage argumentaire complémentaire sur différents aspects du rapport.

La volonté de ce projet est donc de mettre en place une ou plusieurs activités pédagogiques basées sur l'étude de cas en s'appuyant sur cette bibliothèque de rapports d'expertises. Ces activités reposeraient sur un outil informatique d'étude collaborative de ces documents écrits et cahiers photographiques.

Les études de cas proposés dans ce projet à partir de ces « rapports d'expertise » peuvent porter sur différents aspects et ainsi avoir différents objectifs pédagogiques visant soit à l'amélioration de la qualité des rapports (par exemple en termes de communication des résultats), soit à l'amélioration du travail d'expertise proprement dit.

## Discussion des résultats du projet

Le projet a abouti à la mise à disposition d'une interface d'études de documents multimédias (essentiellement des textes et des images). Ce dispositif en ligne offre à chaque participant la possibilité d'écrire et de stocker des annotations textuelles spécifiques sur le document étudié de manière individuelle ou collaborative. La capitalisation de ces annotations permet, en fonction du scénario de l'activité proposée, une discussion en présentiel autour des problématiques identifiées.

### La dimension pédagogique

Contrairement aux projets précédents axés sur des examens techniques des images, les annotations purement textuelles visées par ce projet s'inscrivent désormais dans une étude critique de l'argument et des méthodes scientifiques présentés. Cette étude critique peut porter sur différentes dimensions par exemple sur l'application technique des méthodes, sur l'évaluation des résultats ou encore sur la dimension communicationnelle. Lorsque l'activité porte sur la dimension communicationnelle, celle-ci est prévue pour être proposée à deux populations différentes : des criminalistes au bagage scientifique qui ont un regard « auteurs » sur les documents communicationnels soumis à l'analyse et des juristes au regard « récepteur » de cette communication.

Les objectifs pédagogiques généraux à atteindre par les apprenants à la fin des activités proposées par le dispositif sont les suivants :

- Objectif 1 : Juger de la compréhension des principes et des théories du domaine utilisés et décrits par l'auteur dans le document ;
- Objectif 2 : Critiquer les méthodes et les techniques disciplinaires appliquées et décrites par l'auteur dans le document ;
- Objectif 3 : Combiner l'analyse critique d'une communication entre différents acteurs du système judiciaire – le scientifique et le juriste – par rapport à sa propre culture.

	1. Mémoriser	2. Comprendre	3. Appliquer	4. Analyser	5. Evaluer	6. Créer
A. Connaissances factuelles						
B. Connaissances conceptuelles					Objectif 1	
C. Connaissances procédurales					Objectif 2	
D. Connaissances métacognitives						Objectif 3

Tableau 18 : Classification des objectifs d'apprentissage du projet éICAR.

Pour atteindre ces objectifs, l'activité s'appuie sur un dispositif en ligne et sur un scénario d'apprentissage qui s'articule en trois temps.

1. Définition du cadre de l'analyse (en présentiel). L'enseignant donne les instructions et le cadre et précise l'orientation de l'analyse du document (qualité/communication ou méthode de travail scientifique) ;
2. Annotation des documents grâce à l'outil informatique : Les apprenants étudient et annotent de manière autonome le document soit individuellement soit en groupe en fonction des instructions données
3. Session d'échange ou de méta-analyse : Cette session consiste à analyser en groupe l'ensemble des critiques formulées individuellement dans la phase d'annotation. L'enseignant peut prévoir plusieurs types de sessions d'échange, modérées en fonction des objectifs fixés.

Ce projet est une première tentative de faire travailler différents acteurs judiciaires sur des affaires identiques et d'en comparer les analyses. Ce type d'échange d'opinions entre criminaliste et juriste est peu commun et peut apporter beaucoup à l'amélioration de la qualité communicationnelle des rapports pour les criminalistes et à leur bonne compréhension par les juristes.

#### La dimension de l'apport technologique

L'apport du dispositif technologique est indispensable à la réalisation de l'étape de méta-analyse en offrant la possibilité d'afficher et de rechercher parmi l'ensemble des annotations produites lors de la phase précédente. D'autre part, le dispositif permet de fixer dans le paramétrage des consignes certaines dimensions d'analyse. Ce paramétrage permet d'orienter l'analyse et surtout de structurer les critiques formulées tout au long du document.

#### La dimension institutionnelle

Ce type d'activité d'analyse de rapports est utilisé dans différents contextes d'enseignement à l'ESC. Dans le module « Cas complexe » en maîtrise avec pour objectif l'amélioration de la qualité communicationnelle des futurs rapports que les apprenants devront fournir par la suite dans ce module. Dans le cours « Introduction à l'interprétation de l'indice scientifique » partagé entre la Maîtrise en droit en profession judiciaire et le Bachelor en science forensique, il initie le débat sur les aspects communicationnels entre l'émetteur, le criminaliste, et le récepteur, le juriste.

Ce projet type d'activité est aussi proposé dans le cadre de l'apprentissage par problème du projet ANOT autour d'une lecture liée aux questions temporelles.

## Perspectives pour le projet

Étonnamment, il faut constater que les activités proposées actuellement dans les enseignements relèvent essentiellement de l'argument des rapports écrits et ne considèrent pas l'image comme argument. Le système est pourtant prévu pour l'étude de document multimédia et n'est pas limité aux éléments textuels. A notre sens, suite à notre travail, il serait primordial de reconsidérer l'image comme un élément central de l'argument judiciaire dans ce genre de rapport scientifique.

Une autre perspective de développement concerne cette fois le dispositif technologique. Il pourrait être intéressant de proposer des visions complémentaires lors de la phase de méta-analyse permettant par exemple d'identifier en un seul coup d'œil quelles sont les zones « chaudes » du document, c'est-à-dire cumulant le plus de commentaires, des statistiques de commentaires par dimension pour identifier les sections problématiques, et de différencier les critiques positives de celles négatives pour structurer son travail d'analyse.

## 13 Remarques conclusives

Dans cette dernière partie, nous avons pu présenter neuf projets de pédagogie numérique en lien avec l'imagerie judiciaire auxquels nous avons participé essentiellement en tant qu'ingénieur pédagogique. Le bilan de ces expériences pédagogiques se révèle très positif avec l'ensemble des projets qui sont encore actifs dans l'enseignement. Si Nicephor[e] reste un projet qui s'articule essentiellement autour de ressources d'apprentissage et qui s'inscrit dans une optique transmissive du savoir sur l'axe « enseigner » du triangle pédagogique, il en est tout autre pour les autres projets. Ceux-ci se placent résolument sur l'axe « apprendre » et permettent aux apprenants de prendre le contrôle de leur apprentissage avec plus d'autonomie et de responsabilités. Chaque projet présenté a pu bénéficier de financements externes notamment grâce au Fonds d'innovation pédagogique qui a fait office de catalyseur d'initiatives à l'ESC depuis douze ans. Tous ces projets sont le fruit des collaborations avec différentes personnes qui nous ont permis d'échanger avec la grande majorité des enseignants de l'École. Trois projets ont fait l'objet d'une publication spécifique dans différentes revues du domaine de la science forensique ou des sciences de l'éducation. Les autres projets mériteraient probablement aussi une valorisation par une publication, mais celles-ci sont encore à réaliser.

Se posent désormais les questions d'avenir et de perspective pour l'éducation numérique de l'imagerie judiciaire. Nous pouvons en citer deux principales.

L'écosystème ADIM que nous avons mis en place ouvre la voie à certaines pistes intéressantes de développement. En effet, il serait prometteur d'élargir encore cet écosystème pour devenir un hébergeur central d'environnements d'apprentissage couvrant tous les besoins pédagogiques spécifiques d'annotation de l'École. Dans cet écosystème hébergeur, chaque environnement possède ses propres outils et son propre scénario d'annotation. Il serait dans un même temps nécessaire de permettre à ces environnements de travailler non plus avec une seule image à la fois, mais de pouvoir créer des dossiers de problématiques plus complexes comme nous le faisons déjà dans le projet ICaRe.

Cet écosystème central d'environnements d'annotation permettrait une meilleure cohérence des outils d'annotation, une uniformisation des technologies utilisées et des interfaces, une maintenance facilitée, une porte d'entrée unique pour les enseignants et les apprenants, etc. Il offrirait complémentirement une meilleure appropriation en autonomie des outils d'annotation par les apprenants qui utiliseraient ces outils d'annotations pour leurs travaux en dehors de toute activité d'enseignement spécifique.

Nous pourrions projeter à plus long terme notre architecture d'écosystème d'annotation en élargissant la considération sur une urbanisation des systèmes existants. Sur l'axe apprendre, les apprenants utilisent par exemple une base de données de gestion de cas pour gérer la documentation de leurs pièces, des examens qu'elles subissent et des résultats obtenus. Liée à cette base de gestion, il existe aussi une application de cahier de laboratoire numérique pour toutes les notes de laboratoire et autres remarques. Tous ces systèmes, que nous avons aussi mis en place en parallèle, pourraient communiquer ensemble de manière totalement transparente. Par exemple, l'image d'une trace papillaire déposée par l'apprenant dans la base de gestion de cas pourrait s'ouvrir sur demande dans l'environnement d'annotation correspondant qui renverrait à son tour au dispositif de gestion certains résultats d'analyses pour alimenter la documentation de l'affaire automatiquement.

Sur l'axe enseigner, l'ESC dispose de plusieurs banques de données d'images spécifiques et d'aide à la création de cas fictifs. L'enseignant pourrait s'aider de tous ces outils existants pour préparer et créer les activités d'apprentissage.

L'urbanisation de ces systèmes consisterait à faire un inventaire de tous ces systèmes et des interactions possibles pour créer un environnement facilitant aussi bien les apprentissages que la préparation des activités d'enseignement.

Une autre voie de développement possible de l'usage pédagogique de l'imagerie judiciaire concerne celle choisie par le projet SimInFo à savoir la création de situations fictives hybrides entre activités virtuelles sur la base de dossiers photographiques entremêlées d'activités réelles de manipulations techniques. Tous les éléments techniques sont réunis pour réaliser ce genre de scénario hybride. La question est entre les mains de l'encadrement humain qui devra changer partiellement de posture et passer d'une perspective de surveillance et de facilitateur à celle de concepteur et de préparateur nécessaire à cette approche qui demande plus de ressources en amont.



# Conclusion

---

Nous sommes arrivés au terme de notre recherche en trois temps sur le fonctionnement du signe photographique, les fondements de la photographie judiciaire qui la définissent comme imagerie particulière et des applications pédagogiques qui en découlent.

Dans un premier temps, ces réflexions nous ont amené à une décomposition du fonctionnement sémiotique du signe photographique dans une perspective Peircienne qui décrit le signe comme une relation triadique entre un representamen, un objet et un interprétant. Cette décomposition a permis d'établir un modèle sémiotique qui clarifie l'essence et le fonctionnement pragmatique du signe photographique.

Ce modèle impose deux distinctions fondamentales. La première est la différenciation entre le monde extérieur des occurrences réelles et le monde intérieur d'un interprète lié à ses perceptions du monde extérieur et aux raisonnements sémiotiques triadiques. La seconde porte sur la distinction entre la genèse et le résultat dans la considération du signe. La photographie tire son essence non pas de son résultat mimétique, mais de la connaissance de sa genèse automatique. Dans la trichotomie hiérarchique Peircienne icône – indice - symbole, elle est, pour un interprète connaissant son *arché* automatique, un indice (sinsigne indiciaire) : un signe ayant une occurrence réelle dans le monde extérieur et qui possède une relation de contiguïté physique avec son référent. Elle est à ce titre une trace : un vestige issu de l'enregistrement d'un signal électromagnétique émis par un référent réel.

Cependant, nous avons montré que l'*arché* photographique ne se limite pas au caractère automatique de son enregistrement, la photographie est un acte communicationnel volontaire : elle naît pour signifier quelque chose. Dans cette perspective, elle relève de l'index culturellement codé selon des stratégies communicationnelles. Ainsi, sur le principe hiérarchique Peircien, nous avons proposé une nouvelle trichotomie trace - index - empreinte. La trace est première, car son existence comme signe n'est que pure potentialité : elle ne devient potentiellement signe que dans le monde intérieur de l'interprète. L'index est second : il existe déjà comme occurrence réelle d'un signe dans le monde extérieur. Enfin, l'empreinte est troisième : elle existe comme signe conventionnel dans le monde extérieur et sature la détermination du référent.

Nous avons pu décrire les éléments essentiels des trois pôles du signe triadique qui influencent l'interprétation du signe. Au pôle du representamen, l'image photographique doit être considérée, pour un interprète, comme un signe à trois supports informationnels différents privilégiés en fonction du contexte interprétatif et des relations avec les deux autres pôles : l'image photonique (composante indiciaire du signe), la vue analogique (composante iconique) et la lecture conventionnelle (composante symbolique). Au pôle objet, nous avons distingué quatre types d'objets : les mesures, les entités, les faits et les énoncés plastiques. Chaque type d'objets possède son fonctionnement sémiotique propre et certaines affinités électives avec des supports informationnels. Au pôle interprétant, outre l'influence de l'interprète lui-même, nous avons pu déterminer que la considération du signe photographique s'accompagne de quatre principes constitutifs : d'individualité, d'unité, d'attestation d'existence et de désignation. Complémentairement à ces quatre principes constitutifs, le fonctionnement sémiotique de la photographie repose sur des règles normatives contextuelles motivées par une multitude de stratégies communicationnelles. Nous avons défini un modèle de fonctionnement dynamique et additif de ces stratégies par constellations qui relie certaines entités composant un univers sémiotique. Ce modèle de constellations nous a permis de réaliser un inventaire non exhaustif de vingt-six stratégies

communicationnelles. Nous avons systématiquement illustré ces stratégies avec des exemples concrets tirés principalement du domaine forensique. D'autre part, toujours sur le plan de l'interprétant, la lecture de l'image par l'interprète est active et s'inscrit dans le paradigme indiciaire proposé par Ginzburg. Ce paradigme souligne notamment l'importance de la recherche des détails parfois infinitésimaux comme seuls vecteurs révélateurs de significations plus profondes. Ce raisonnement indiciaire forcément incertain repose notamment sur la casuistique concrète de l'interprète, la configuration de ses savoirs latéraux, son savoir-faire et sa volonté. Cet ancrage pragmatique, issu de l'individuel et du qualitatif, met en tension permanente la *rigueur élastique* inhérente au paradigme avec le *statut scientifique* des interprétations qui en résultent.

Dans un second temps, nous avons défendu la thèse que la photographie judiciaire constitue une imagerie particulière qui repose sur une notion conventionnelle fondatrice essentielle, sous-jacente et transversale : l'empreinte. Nous avons défini l'empreinte comme un signe du monde extérieur dont l'existence même est conventionnelle et dont la détermination référentielle est saturée. Ces deux propriétés de l'empreinte ont pour objectifs principaux de la rendre « indiscutable » et « optimisée » à son usage. Elle constitue ainsi le matériel de référence.

Par une étude sur les pionniers de la photographie judiciaire comme Bertillon et Reiss, nous avons mené une démarche de reconstruction des règles normatives contextuelles fondatrices du statut d'empreinte de l'imagerie judiciaire : le suivi de protocoles, le raisonnement indiciaire, l'objectivité du point de vue, l'exactitude géométrique, la préservation de l'éphémère, la détermination référentielle, l'optimisation de la visibilité des détails, la science de l'investigation, etc. L'illustration systématique de ces règles normatives fondatrices de l'imagerie judiciaire par des exemples tirés du domaine forensique nous a permis de faire le lien avec les stratégies communicationnelles sous-jacentes qui les motivent.

Cette reconstruction conventionnelle d'empreinte établie, nous nous sommes ensuite intéressés aux fonctions des photographies dans le processus de détermination des *circonstances* de l'enquête. Par sa composante de trace issue de sa genèse automatique, nous avons illustré avec des exemples que la photographie possède les mêmes fonctions principales que toute autre trace. Qui plus est, par sa composante volontaire d'index, chaque *circonstance* peut être investiguée en relation avec l'ensemble référentiel ou celui de production. La question de la source, relevant principalement de la circonstance du « Qui ? », peut ainsi être traitée au travers des questions « qui a été photographié ? » ou « qui est le photographe ? »

Enfin, nous avons distingué plusieurs types d'empreintes qui s'inscrivent dans les différents chapitres de l'enquête judiciaire et qui font suite à certaines classes d'examen : l'empreinte du tenant-lieu, l'empreinte d'instanciation (primaire ou secondaire) et l'empreinte argumentaire. Grâce à cette contextualisation dans les différents chapitres de l'enquête, nous avons pu établir une cartographie générale de l'imagerie judiciaire. Cette carte a pu servir de structure de travail à une revue bibliographique des activités et centres d'intérêt principaux de l'imagerie judiciaire. Elle donne ainsi une vision d'ensemble de la diversité des activités et des problématiques que l'on peut associer à l'imagerie judiciaire ainsi que des compétences nécessaires pour répondre à cette diversité.

Dans un troisième temps, l'ensemble de ces réflexions sur la photographie et l'imagerie judiciaire a permis de construire un contexte pédagogique particulièrement fertile dans lequel celle-ci est à la fois sujet d'études et ressource d'apprentissage. Ce contexte pédagogique repose sur les fondements de l'imagerie judiciaire et s'inscrit dans une approche numérique innovante de l'apprentissage. Nous avons décrit neuf projets qui prennent place à des moments particuliers de notre carte de l'imagerie judiciaire. Ces projets mettent en lumière de façon évidente le potentiel spectaculaire d'usages pédagogiques de l'imagerie dans l'apprentissage de la science forensique.

## Vers une vision de l'imagerie judiciaire dans l'éducation en science forensique

La construction d'un programme académique peut se construire selon différentes approches. La première est centrée sur les enseignements. Chaque enseignement est considéré comme une brique qui participe au programme. Dans ce type démarche, la question d'intérêt consiste pour chaque enseignant à déterminer individuellement la matière à aborder en respectant la thématique générale et la dotation en crédits de son enseignement. La problématique est donc principalement considérée sur le plan des connaissances à transmettre par l'enseignant. La deuxième approche, plus récente, consiste à considérer avant tout le programme d'études. Dans une approche-programme, les enseignants assument désormais collectivement son élaboration, son organisation sur la base d'objectifs de formation globaux. Cette démarche ne raisonne généralement plus sur la matière à aborder par l'enseignant, mais sur les compétences à acquérir par les apprenants. La notion de cours s'efface au profit d'un profil de compétence de l'apprenant à la sortie du programme (Poumay, 2014: 76).

Notre vision de l'éducation de l'imagerie judiciaire s'installe ici dans une approche complémentaire à cette dernière. Il ne s'agit plus de raisonner sur le contenu d'un cours ou sur les compétences visées à la sortie d'un programme, mais sur la contextualisation de l'apport transversal et l'intégration d'une thématique ou d'un domaine à une filière d'études complète en science forensique qui inclue les cursus de baccalauréat, de maîtrises ainsi que la recherche. Nous ne percevons pas cette approche comme un retour en arrière basée sur la détermination et l'accumulation des connaissances, mais plutôt comme une contextualisation nécessaire des compétences visées. Cette contextualisation offre à l'apprenant une lisibilité de l'organisation de ses compétences et des liens entre celles-ci aussi bien intra qu'inter thématiques. Du côté des enseignants, cette approche se place à un niveau intermédiaire entre construction collective et responsabilité individuelle. Elle nécessite bien entendu le même dialogue collectif que l'approche programme, mais en offrant une clé de répartition des activités, des rôles et responsabilités de chacun plus évidentes. Dans la perspective de cette dernière approche, la cartographie de l'imagerie judiciaire que nous avons dressée dans la Figure 124 peut être particulièrement utile. L'apprenant peut en permanence faire le lien entre les compétences acquises et le contexte global de l'imagerie judiciaire et son emplacement dans le processus d'investigation. Pour les enseignants, cette même carte offre un outil de discussion pour raisonner sur les filières de manière globale et créer certains ponts entre domaines.

A la lumière de cette carte de l'imagerie judiciaire et de l'organisation d'une filière en science forensique, nous pouvons nous risquer à formuler une vision de l'imagerie judiciaire dans une filière d'études globale en science forensique telle que l'offre l'ESC. Il faut remarquer que les objectifs pédagogiques sont uniquement centrés sur l'apprenant. Ils ne donnent ainsi aucune indication sur l'organisation des études ou leur répartition dans des enseignements. Nous considérons simplement que ces objectifs doivent être traités durant le cursus.

En Baccalauréat universitaire, les objectifs prioritaires seraient :

- Objectif 1 : Appliquer de manière transversale les méthodes d'établissement de l'empreinte du tenant-lieu ;
- Objectif 2 : Mettre en relation les enjeux et les particularités de l'imagerie forensique ;
- Objectif 3 : Établir un compte-rendu photographique d'une investigation ;
- Objectif 4 : Mettre en pratique des investigations photographique sur certains domaines spécifiques ;

- Objectif 5 : Appliquer certaines méthodes d'examens d'exploitation de l'information visuelle.

En Maîtrise universitaire en science forensique, les objectifs prioritaires, indépendamment de toute orientation, seraient :

- Objectif 1 : Établir une reconstruction d'état d'entités ou de déroulement ;
- Objectif 2 : Établir une empreinte argumentaire photographique ;
- Objectif 3 : Juger et justifier les décisions prises sur la base des examens d'exploitation de la vue analogique ;
- Objectif 4 : Critiquer les méthodes et les techniques en lien avec l'imagerie judiciaire ;
- Objectif 5 : Appliquer des méthodes passives de vérification de l'authenticité des images.

Pour la recherche sur l'imagerie judiciaire, il y a de nombreuses orientations de recherche possibles :

- L'orientation des traces numériques avec les méthodes de vérification de l'intégrité et de l'authenticité, l'identification de caméra, etc. qui offrent des perspectives de recherches très variées et intéressantes en collaboration étroite avec ce domaine des traces numériques ;
- L'orientation de la reconstruction avec les applications de la photogrammétrie et des autres, voire nouvelles méthodes de reconstruction principalement orientées sur le déroulement ;
- L'orientation de l'automatisme de traitement d'image avec la reconnaissance de motifs automatique ou l'extraction automatique de caractéristiques pertinentes, ou l'usage de l'intelligence artificielle ;
- L'orientation des bases de données qui peut être liée à la fois à certains automatismes de traitement ou à la simple création de bases d'images spécifiques à une problématique par exemple pour traiter les questions de phylogénie ou autre question ;
- L'orientation des méthodes d'investigation pour mettre en œuvre de nouvelle technique photographique comme la photographie multi spectrale ou hyper spectrale, etc. ;
- L'orientation sécuritaire qui traite des systèmes de surveillance, des questions technologiques, mais aussi éthiques ou sécuritaires sur leur usage ;
- L'orientation qualité avec les questions de la gestion des images et de leurs différentes calibrations pour optimiser la qualité de reproduction ;
- L'orientation sémiotique qui traite du fonctionnement et de l'usage de l'argument photographique scientifique, etc.

Nous pouvons conclure que l'imagerie judiciaire possède bel et bien un potentiel remarquable et transversal d'usages dans l'enseignement et la recherche en science forensique aussi bien comme sujet d'étude théorique, comme contenu de formation que comme objet d'investigation. Le potentiel est encore catalysé par l'éducation numérique notamment grâce à la logique d'annotation que nous avons mise en place et affinée au fur et à mesure des projets. La photographie judiciaire fonctionne même, selon nous, comme un liant transversal qui participe au maintien de nombreuses spécialités dans une vision commune de la science forensique.

## Bibliographie

- About I. (2013) Classer le corps : l'anthropométrie judiciaire et ses alternatives, 1880-1930. Dans : Ceyhan A et Piazza P (éds) *L'identification biométrique : Champs, acteurs, enjeux et controverses*. coll. praTICs. Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme, p. 39-61. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/editionsmsh/141> [Consulté le 19 mai 2019].
- Achard J.-P. (2017) Qu'est-ce qu'une image? Disponible à l'adresse : <http://www.surlimage.info/ecrits/image.html> [Consulté le 2 octobre 2017].
- ADIM (2014) ADIM: Un outil d'annotation d'images pour l'enseignement. Disponible à l'adresse : <https://jabba2.unil.ch/adim/> [Consulté le 17 octobre 2019].
- Adrian A.I., Ismet P. et Petru P. (2018) An overview of intelligent surveillance systems development. Dans : *2018 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*, 2018, p. 1-6.
- Ait Kaci Ali K. (2019) Photographie : plein format, APS-C, 4/3... comprendre la taille des capteurs. Disponible à l'adresse : <https://www.cnetfrance.fr/produits/s-y-retrouver-dans-la-taille-des-capteurs-en-photo-numerique-39713467.htm> [Consulté le 6 septembre 2019].
- Alanazi F. et Jones A. (2016) The Value of Metadata in Digital Forensics. Dans : *Proceedings - 2015 European Intelligence and Security Informatics Conference, EISIC 2015* (éd. YMH Brynielsson J.), 2016, p. 182. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Albanese J. et Montes R. (2011) Latent Evidence Detection using a Combination of Near Infrared and High Dynamic Range Photography: An Example Using Bloodstains. *Journal of Forensic Sciences* 56(6): 1601-1603.
- AlbaSim (2019) AlbaSim: Serious Games Research and innovation. Disponible à l'adresse : <https://www.albasim.ch/en/> [Consulté le 11 octobre 2019].
- Alberink I. et Bolck A. (2008) Obtaining confidence intervals and Likelihood Ratios for body height estimations in images. *Forensic Science International* 177(2-3): 228-237.
- Ali R.R. et Mohamad K.M. (2019) RX\_myKarve carving framework for reassembling complex fragmentations of JPEG images. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* In Press.
- Ali R.R., Mohamad K.M., Jamel S. et Khalid S.K.A. (2018) A review of digital forensics methods for JPEG file carving. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 96(17): 5841-5856.
- Allen R.J. (1994) Expertise and the « Daubert » Decision. *The Journal of Criminal Law and Criminology* 84(4): 1157-1175.
- Al-Qershi O.M. et Khoo B.E. (2013) Passive detection of copy-move forgery in digital images: State-of-the-art. *Forensic Science International* 231(1-3): 284-295.
- Alshammary E. et Hadi A. (2016) Reviewing and evaluating existing file carving techniques for JPEG files. Dans : *Proceedings - 2016 Cybersecurity and Cyberforensics Conference*, 2016, p. 55-59. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

- Amerini I., Ballan L., Caldelli R., Del Bimbo A. et Serra G. (2011) A SIFT-based forensic method for copy-move attack detection and transformation recovery. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 6(3 PART 2): 1099-1110.
- Amped (2019) Amped Authenticate | Forensic Image Authentication. Disponible à l'adresse : <https://ampedsoftware.com/authenticate> [Consulté le 3 octobre 2019].
- ANZPAA (2013) Australia and New Zealand Guidelines for Digital Imaging Processes. ANZPAA. Disponible à l'adresse : <http://www.anzpaa.org.au/publications/general/guidelines-for-digital-imaging-processes> [Consulté le 29 août 2019].
- Ardizzone E., Bruno A. et Mazzola G. (2015) Copy-Move Forgery Detection by Matching Triangles of Keypoints. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 10(10): 2084-2094.
- Aronson D.R. (2007) *Evidence-Based Technical Analysis: Applying the Scientific Method and Statistical Inference to Trading Signals*. coll. The Wiley trading series. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Asghar K., Habib Z. et Hussain M. (2017) Copy-move and splicing image forgery detection and localization techniques: a review. *Australian Journal of Forensic Sciences* 49(3): 281-307.
- ASTM E30 Committee (2019) *Guide for Forensic Digital Image Processing*. ASTM International.
- Bahrami K., Kot A.C., Li L. et Li H. (2015) Blurred image splicing localization by exposing blur type inconsistency. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 10(5): 999-1009.
- Baldwin H.B. (1999) Three-dimensional imaging in crime scene investigations. Dans : *Processing SPIE 3576, Investigation and Forensic Science Technologies*, Boston, 1999, p. 1-7. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1117/12.334521>.
- Balthazard V. (1911) De la certitude dans l'identification par les empreintes digitales (1911). *Bulletin de la Société de Médecine légale* Tome 8: 106-115.
- Barazzetti L., Sala R., Scaioni M., Cattaneo C., Gibelli D., Giussani A., Poppa P., Roncoroni F. et Vandone A. (2012) 3D scanning and imaging for quick documentation of crime and accident scenes. Dans : *Proceedings of SPIE 8359, Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense XI*, Baltimore, 2012, p. 1-14.
- Barrera V., Fliss B., Panzer S. et Bolliger S.A. (2019) Gunshot residue on dark materials: a comparison between infrared photography and the use of an alternative light source. *International Journal of Legal Medicine* 133(4): 1115-1120.
- Barthes R. (1957) *Mythologies*. coll. Pierres vives. Paris: Editions du Seuil.
- Barthes R. (1961) Le message photographique. *Communications* 1(1): 127-138.
- Barthes R. (1970) *S/Z*. coll. Tel quel. Paris: Editions du Seuil.
- Barthes R. (1980) *La chambre claire: note sur la photographie*. [Réimpr.]. coll. Cahiers du cinéma. Paris: Editions du Seuil.
- Baudelaire C. (1859) Le public moderne et la photographie. Disponible à l'adresse : <http://etudesphotographiques.revues.org/185> [Consulté le 11 janvier 2018].
- Bayram S., Sencar H.T., Memon N. et Avcibas I. (2005) Source camera identification based on CFA interpolation. Dans : *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, 2005*, p. 69-72.

- Bazin A. (1958) *Qu'est-ce que le cinéma ? Ontologie de l'image photographique*. coll. 7e art. Paris: Les Editions du Cerf.
- Bécherraz G.-M. (2015) Les images des radars peuvent mentir, c'est prouvé. *24Heures*, 9 janvier. Disponible à l'adresse : <https://www.24heures.ch/vaud-regions/images-radars-peuvent-mentir-c-prouve/story/18739469> [Consulté le 19 juin 2019].
- Bedruz R.A., Sybingco E., Bandala A., Quiros A.R., Uy A.C. et Dadios E. (2018) Real-time vehicle detection and tracking using a mean-shift based blob analysis and tracking approach. Dans : *HNICEM 2017 - 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management*, 2018, p. 1-5. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Benjamin W. (1974) *L'homme, le langage et la culture: essais*. coll. Bibliothèque Médiations 123. Paris: Denoël/Gonthier.
- Berger J. (1981) *Une autre façon de raconter*. coll. Voix. Paris: Francois Maspero.
- Bertillon A. (1886) Les signalements anthropométriques. Méthode nouvelle de détermination de l'identité individuelle (1886). Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.org/fr/bibliotheque/doc/1786/> [Consulté le 26 juin 2017].
- Bertillon A. (1889) Photographie judiciaire à la préfecture de police de Paris. *La nature* (853): 587-591.
- Bertillon A. (1890) *La photographie judiciaire en France avec un appendice sur la classification et l'identification anthropométriques*. Paris: Gauthiers-Villars et fils.
- Bertillon A. (1893a) *Identification anthropométrique*. Melun, Imprimerie Administrative. Disponible à l'adresse : <http://archive.org/details/identificationan00bert> [Consulté le 11 mai 2019].
- Bertillon A. (1893b) Recueil. Service d'identification judiciaire de la Préfecture de Police de Paris. Disponible à l'adresse : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8432787v> [Consulté le 3 mai 2019].
- Bertillon A. (1913) *Photographie métrique de Alphonse Bertillon : identification judiciaire, anthropologie, archéologie, architecture, reproduction documentaire, expertises, médecine légale, histoire naturelle, topographie, etc.* Paris: Lacourt-Berthiot. Disponible à l'adresse : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5854795f> [Consulté le 10 mai 2019].
- Bertillon A. et Chervin A. (1909) *Anthropologie métrique: conseils pratiques aux missionnaires scientifiques sur la manière de mesurer, de photographier et de décrire des sujets vivants et des pièces anatomiques : anthropométrie, photographie métrique, portrait descriptif, craniométrie / A. Bertillon et Dr A. Chervin*. Disponible à l'adresse : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58290149> [Consulté le 10 mai 2019].
- BFMTV (2017) Affaire Maëlys: les photos qui accablent le principal suspect. Disponible à l'adresse : <https://www.bfmtv.com/police-justice/affaire-maelys-les-photos-qui-accablent-le-principal-suspect-1315471.html> [Consulté le 25 juillet 2019].
- BFMTV (2018) Chine: après la reconnaissance faciale, la reconnaissance de la démarche. Disponible à l'adresse : <https://www.bfmtv.com/tech/chine-apres-la-reconnaissance-faciale-la-reconnaissance-de-la-demarche-1561160.html> [Consulté le 25 juillet 2019].
- Bharati A., Moreira D., Brogan J., Hale P., Bowyer K.W., Flynn P.J., Rocha A. et Scheirer W.J. (2019) Beyond pixels: Image provenance analysis leveraging metadata. Dans : *Proceedings - 2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2019, p. 1692-1702. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

- Bi X., Pun C.-M. et Yuan X.-C. (2016) Multi-Level Dense Descriptor and Hierarchical Feature Matching for Copy-Move Forgery Detection. *Information Sciences* 345: 226-242.
- Bianchi T. et Piva A. (2012) Image forgery localization via block-grained analysis of JPEG artifacts. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 7(3): 1003-1017.
- Bianchi T., De Rosa A. et Piva A. (2011) Improved DCT coefficient analysis for forgery localization in JPEG images. Dans : *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 2011, p. 2444-2447.
- Biedermann A., Voisard R., Scoundrianos A., Furrer J., Taroni F. et Champod C. (2014) Supporting interdisciplinary case studies: Development and implementation of a joint learning environment for students in forensic science and criminal law. *Australian Journal of Forensic Sciences* 46(3): 317-329.
- Bijhold J., Geradts Z. et Klasen L. (2004) Forensic imaging. a review: 2001 to 2004. *14th International Forensic Science Symposium*: 189-205.
- Blitzer H.L. et Jacobia J. (2002) *Forensic Digital Imaging and Photography*. San Diego: Academic Press.
- Blotta E. et Moler E. (2004) Fingerprint image enhancement by differential hysteresis processing. *Forensic Science International* 141(2): 109-113.
- Blythe P. et Fridrich J. (2004) Secure Digital Camera. Dans : *Proceedings of The Digital Forensic Research Conference DFRWS*, Baltimore, 2004. Disponible à l'adresse : <https://www.dfrws.org/conferences/dfrws-usa-2004/sessions/secure-digital-camera> [Consulté le 29 août 2019].
- Böhme R. et Kirchner M. (2013) Counter-forensics: Attacking image forensics. Dans : *Digital Image Forensics: There Is More to a Picture than Meets the Eye*. New York: Springer.
- Bolliger M.J., Buck U., Thali M.J. et Bolliger S.A. (2012) Reconstruction and 3D visualisation based on objective real 3D based documentation. *Forensic Science, Medicine, and Pathology* 8(3): 208-217.
- Bonitzer P. (1976) La surimage. (270). coll. Cahiers du cinéma: 29-34.
- Boston Globe et Taryn L. (2013) FBI sifting for clues in mountains of evidence - The Boston Globe. Disponible à l'adresse : <https://www.bostonglobe.com/business/2013/04/16/software-tools-offer-limited-help-fbi-agents-analyzing-marathon-video/mXM8fYyBDY8B05iJj1UaLN/story.html> [Consulté le 26 juillet 2019].
- Bouchrika I., Carter J.N. et Nixon M.S. (2016) Towards automated visual surveillance using gait for identity recognition and tracking across multiple non-intersecting cameras. *Multimedia Tools and Applications* 75(2): 1201-1221.
- Bouillot R. (2001) *Cours de photographie: fondamentaux, photographie argentique*. 6e éd. Paris: Dunod.
- Bouillot R. (2009) *Cours de photographie numérique: principes, acquisition, stockage*. 3e éd. Paris: Dunod.
- Bramble S., Compton D. et Klasen L. (2001) *Forensic Image Analysis*. 13th INTERPOL Forensic Science Symposium. Lyon: Interpol.
- Brodeur J.-P. (2019) L'enquête criminelle. Dans : *Nouveau traité de sécurité. Sécurité intérieure et sécurité urbaine*. Montréal: Hurtubise, p. 402-418. Disponible à l'adresse : [https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB\\_016C329C2343](https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_016C329C2343) [Consulté le 17 juillet 2019].

- Brunet F. (2012) *La naissance de l'idée de photographie*. Paris: Presses universitaires de France.
- Brüschweiler W., Braun M., Dirnhofer R. et Thali M.J. (2003) Analysis of patterned injuries and injury-causing instruments with forensic 3D/CAD supported photogrammetry (FPHG): An instruction manual for the documentation process. *Forensic Science International* 132(2): 130-138.
- Buck U., Naether S., Braun M., Bolliger S., Friederich H., Jackowski C., Aghayev E., Christe A., Vock P., Dirnhofer R. et Thali M.J. (2007) Application of 3D documentation and geometric reconstruction methods in traffic accident analysis: With high resolution surface scanning, radiological MSCT/MRI scanning and real data based animation. *Forensic Science International* 170(1): 20-28.
- Buck U., Naether S., Räss B., Jackowski C. et Thali M.J. (2013) Accident or homicide – Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. *Forensic Science International* 225(1-3): 75-84.
- Bunk J., Bappy J.H., Mohammed T.M., Nataraj L., Flenner A., Manjunath B.S., Chandrasekaran S., Roy-Chowdhury A.K. et Peterson L. (2017) Detection and Localization of Image Forgeries Using Resampling Features and Deep Learning. Dans : *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2017, p. 1881-1889. IEEE Computer Society.
- Camargo J., Esseiva P., González F., Wist J. et Patiny L. (2012) Monitoring of illicit pill distribution networks using an image collection exploration framework. *Forensic Science International* 223(1-3): 298–305.
- Cao H. et Kot A.C. (2010) Mobile camera identification using demosaicing features. Dans : *ISCAS 2010 - 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems: Nano-Bio Circuit Fabrics and Systems*, 2010, p. 1683-1686.
- Cao K. et Jain A.K. (2019) Automated Latent Fingerprint Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 41(4): 788-800.
- Carré P. (2011) *Traité des sciences et des techniques de la formation*. 3e édition. coll. Psycho Sup. Paris: Dunod.
- Carvalho T., Faria F.A., Pedrini H., Da Torres R.S. et Rocha A. (2016) Illuminant-based transformed spaces for image forensics. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 11(4): 720-733.
- Carvalho T.J.D., Riess C., Angelopoulou E., Pedrini H. et Rocha A.D.R. (2013) Exposing digital image forgeries by illumination color classification. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 8(7): 1182-1194.
- Casey E. et Jaquet-Chiffelle D.-O. (2019) Do Identities Matter? *Policing: A Journal of Policy and Practice* 13(1): 21-34.
- Castro T. (2011a) Scènes du crime : la mobilisation de la photographie métrique par Alphonse Bertillon. Dans : *Aux origines de la police scientifique: Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris: Karthala, p. 230-246.
- Castro T. (2011b) Une cartographie du crime : les images d'Alphonse Bertillon. *Criminocorpus. Revue d'Histoire de la justice, des crimes et des peines*. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/criminocorpus/354> [Consulté le 17 mai 2018].
- Ceccaldi P.-F. (1969) *La Criminologistique*. 2e éd. mise à jour. coll. Que sais-je? : le point des connaissances actuelles 370. Paris: Presses universitaires de France.

- Chakraborty S. et Kirchner M. (2017) PRNU-based image manipulation localization with discriminative random fields. Dans : *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology* (éd. AAM Memon N.D.), 2017, p. 113-120. Society for Imaging Science and Technology.
- Champod C. (2017) SUMMARY OF METHODOLOGY AND STATUS REPORT. Summary of the methodology developed and the results obtained following the forensic examination of marks visible on the inside of the plastic caps of BEREK-KIT® bottles. Status following the examination of 127 questioned bottles and the comparison between them. Disponible à l'adresse : [https://stillmed.olympic.org/media/Document\\_Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Disciplinary-Commission/IOC-DC-Schmid/Appendix-VII-ESC-LAD-Report-Prof-Champod-30-11-2017.pdf](https://stillmed.olympic.org/media/Document_Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Disciplinary-Commission/IOC-DC-Schmid/Appendix-VII-ESC-LAD-Report-Prof-Champod-30-11-2017.pdf).
- Champod C., Girardin D., Lebart L., Margot P., Mathyer J., Quinche N. et Sapin E. (2009) *Le théâtre du crime: 1875-1929 Rodolphe A. Reiss*. 1<sup>re</sup> éd. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Champod C., Margot P., Lennard C.J. et Stoilovic M. (2016) *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*. 2nd ed. coll. International forensic science & investigation series. Boca Raton: CRC Press.
- Chang I.-C., Yu J.C. et Chang C.-C. (2013) A forgery detection algorithm for exemplar-based inpainting images using multi-region relation. *Image and Vision Computing* 31(1): 57-71.
- Chen C., Zhao X. et Stamm M.C. (2018) Mislgan: An Anti-Forensic Camera Model Falsification Framework Using A Generative Adversarial Network. Dans : *2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, octobre 2018, p. 535-539.
- Chen M., Fridrich J., Goljan M. et Lukáš J. (2008) Determining image origin and integrity using sensor noise. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 3(1): 74-90.
- Chennamma H.R. et Rangarajan L. (2010) Image splicing detection using inherent lens radial distortion. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 7(6): 149-158.
- Chervin A. (1907) *Anthropologie bolivienne*. Paris: Imprimerie nationale. Disponible à l'adresse : [http://archive.org/details/b24875843\\_0001](http://archive.org/details/b24875843_0001) [Consulté le 10 mai 2019].
- Chierchia G., Parrilli S., Poggi G., Verdoliva L. et Sansone C. (2011) PRNU-based detection of small-size image forgeries. Dans : *17th DSP 2011 International Conference on Digital Signal Processing, Proceedings*, Corfu, 2011, p. 1-6.
- Chierchia G., Poggi G., Sansone C. et Verdoliva L. (2014) A bayesian-MRF approach for PRNU-based image forgery detection. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 9(4): 554-567.
- Choi K.S., Lam E.Y. et Wong K.K.Y. (2006a) Automatic source camera identification using the intrinsic lens radial distortion. *Optics Express* 14(24): 11551-11565.
- Choi K.S., Lam E.Y. et Wong K.K.Y. (2006b) Source camera identification by JPEG compression statistics for image forensics. Dans : *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, Hong Kong, 2006, p. 1-4.
- Choi K.S., Lam E.Y. et Wong K.K.Y. (2006c) Source camera identification using footprints from lens aberration. Dans : *Proceedings of SPIE 6069, Digital Photography II*, San Jose, 2006, p. 1-8.

- Christlein V., Riess C., Jordan J., Riess C. et Angelopoulou E. (2012) An evaluation of popular copy-move forgery detection approaches. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 7(6): 1841-1854.
- Chuk H. (2019) The Effects of High Dynamic Range on Fingerprint Images Processed by Photoshop. *Journal of Forensic Sciences* 64(4): 1173-1180.
- Cohen M.I. (2008) Advanced Jpeg carving. Dans : *e-Forensics 2008 - Proceedings of the 1st International Conference on Forensic Applications and Techniques in Telecommunications, Information, and Multimedia and Workshop*, 2008. Association for Computing Machinery, Inc. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84943305130&partnerID=40&md5=92a46ac5c10caaf235e709260db8c7e1>.
- Colard T., Delannoy Y., Bresson F., Marechal C., Raul J.S. et Hedouin V. (2013) 3D-MSCT imaging of bullet trajectory in 3D crime scene reconstruction: Two case reports. *Legal Medicine* 15(6): 318-322.
- Comar P. (2010) La scène du crime. Dans : Clair J (éd.) *Crime & châtement: [catalogue publié à l'occasion de l'exposition présentée au Musée d'Orsay, 16 mars - 27 juin 2010]*. coll. Musée d'Orsay. Paris: Gallimard.
- Confédération suisse (1999) RS 101 Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999. Disponible à l'adresse : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19995395/index.html#a123b> [Consulté le 23 juillet 2019].
- Confédération suisse (2004) Campus virtuel suisse: une nouvelle série de projets. Disponible à l'adresse : <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-6096.html> [Consulté le 4 décembre 2019].
- Conord S. (2007) Usages et fonctions de la photographie. *Ethnologie française* Vol. 37(1): 11-22.
- Conotter V. et Boato G. (2010) Detecting photo manipulation on signs and billboards. Dans : *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*, 2010, p. 1741-1744.
- Crispino F. (2008) Nature and place of crime scene management within forensic sciences. *Science & Justice* 48(1): 24-28.
- Cristin R. et Cyril Raj V. (2017) Consistency features and fuzzy-based segmentation for shadow and reflection detection in digital image forgery. *Science China Information Sciences* 60(8).
- Daele A. et Berthiaume D. (2010) Choisir ses stratégies d'enseignement. Centre de soutien à l'enseignement de l'Université de Lausanne.
- D'Angelo A., Cancelli G. et Barni M. (2010) Watermark-Based Authentication. *Intelligent Multimedia Analysis for Security Applications*: 365-402.
- Darras B. (1998) L'image, une vue de l'esprit. Etude comparée de la pensée figurative et de la pensée visuelle. *Recherches en communication* (9): 77-99.
- Darras B. (2001) éducation aux Images par L'Audiovisuel et le Multimédia. *Educational Media International* 38(2-3): 149-157.
- Davis J.P., Forrest C., Treml F. et Jansari A. (2018) Identification from CCTV: Assessing police super-recogniser ability to spot faces in a crowd and susceptibility to change blindness. *Applied Cognitive Psychology* 32(3): 337-353.
- Day C. (2008) High dynamic range fingerprint images in Photoshop. *Journal of Forensic Identification* 58(6): 647-659.

- De Azevedo Kanehisa R.F. et De Almeida Neto A. (2019) Firearm Detection using Convolutional Neural Networks. Dans : *ICAART 2019 - Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence* (éd. van den HJ Steels L. Rocha A), 2019, p. 707-714. SciTePress. Disponible à l'adresse : <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064808981&partnerID=40&md5=a451c10d8c55351d34dd6fe698554782>.
- Delémont O. (2005) *Intégration de l'influence de l'évolution dynamique du feu dans l'investigation d'incendies en criminalistique: évaluation du recours à la modélisation informatique*. Thèse de doctorat. École des sciences criminelles, Université de Lausanne, Lausanne.
- Delémont O. et Kummer N. (2018) CLUEDO : outil de simulation d'une investigation forensique allant de la collecte de traces jusqu'à leur présentation devant le tribunal. Disponible à l'adresse : <https://www.unil.ch/international/en/home/menuguid/partenariats-privileges/universite-libre-de-bruxelles/projets-2018/simulation-dune-investigation-forensique.html> [Consulté le 17 octobre 2019].
- Dessimoz D. et Champod C. (2016) A dedicated framework for weak biometrics in forensic science for investigation and intelligence purposes: The case of facial information. *Security Journal* 29(4): 603-617.
- Dessimoz D. et Champod C. (2017) Evolution des techniques de reconnaissance des visages à des fins policières (19e-21e siècles). Disponible à l'adresse : [https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB\\_20536757EE88](https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_20536757EE88) [Consulté le 2 mai 2019].
- Dirik A.E. et Memon N. (2009) Image tamper detection based on demosaicing artifacts. Dans : *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, 2009*, p. 1497-1500. IEEE Computer Society.
- Dirik A.E., Seneor H.T. et Memon N. (2008) Digital single lens reflex camera identification from traces of sensor dust. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 3(3): 539-552.
- Django (2005) The Web framework for perfectionists with deadlines | Django. Disponible à l'adresse : <https://www.djangoproject.com/> [Consulté le 18 octobre 2019].
- Docheva L.E., Dochev I.N. et Manev S.V. (2018) Object recognition via cctv by neural network using. Dans : *Communication, Electromagnetics and Medical Application* (éd. D D.T), 2018, p. 40-43. Technical University of Sofia, Faculty of Telecommunication Technologies. Disponible à l'adresse : <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056260949&partnerID=40&md5=72ab144c67331b9e19cf9aa2875679db>.
- Donald F.M. et Donald C. (2018) Is CCTV Surveillance as Effective as Popular Television Crime Series Suggest? Cognitive Challenges. Dans : *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, 26 août 2018, p. 413-420. Springer, Cham.
- Drapeau Vieira Contim F. (2016) « Identité », version académique, dans M. Kristanek (dir.). Disponible à l'adresse : <http://encyclo-philos.fr/identite-a/> [Consulté le 14 juin 2018].
- Drouet H. (2016) Comparatif des tailles de capteurs photo en tableaux et en images. Disponible à l'adresse : <http://www.luzphotos.com/materiel/apn/taille-capteur-apn-comparatif> [Consulté le 6 septembre 2019].
- Dubois P. (1983) *L'acte photographique*. coll. Média. Nathan. Paris : Bruxelles: FNathan ; EdLabor.
- Dugelay J.-L. et Rey C. (2002) A Survey of Watermarking Algorithms for Image Authentication. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 6: 613-621.

- Dulong R. (2004) La rationalité spécifique de la police technique. *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique* LVII(3): 259-278.
- Duncan C.D. (2015) *Advanced Crime Scene Photography*. Second edition. Boca Raton: CRC Press. Disponible à l'adresse : [http://sfx.ethz.ch/sfx\\_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9781482211870](http://sfx.ethz.ch/sfx_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9781482211870) [Consulté le 27 juillet 2019].
- DxOMark (2017) Canon EOS 5D Mark IV: Measurements | DxOMark. Disponible à l'adresse : <https://www.dxomark.com/Cameras/Canon/EOS-5D-Mark-IV---Measurements> [Consulté le 31 mai 2018].
- Dyer J., Verri G. et Cupitt J. (2013) *Multispectral Imaging in Reflectance and Photo-induced Luminescence modes: A User Manual, Version 1.0*. coll. CHARISMA project (Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures: Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation/Restoration, <http://www.charismaproject.eu/>). The British Museum. Disponible à l'adresse : <https://www.britishmuseum.org/pdf/charisma-multispectral-imaging-manual-2013.pdf>.
- Ebert L.C., Flach P., Schweitzer W., Leipner A., Kottner S., Gascho D., Thali M.J. et Breitbeck R. (2016) Forensic 3D surface documentation at the Institute of Forensic Medicine in Zurich - Workflow and communication pipeline. *Journal of Forensic Radiology and Imaging* 5: 1-7.
- Eco U. (1992) *La production des signes*. coll. Le livre de poche 4152. Paris: Librairie générale française.
- Edeline F., Klinkenberg J.-M., Minguet P. et Groupe Mu (1992) *Traité du signe visuel: pour une rhétorique de l'image*. coll. La couleur des idées. Paris: Editions du Seuil.
- Edelman G.J. et Aalders M.C. (2018) Photogrammetry using visible, infrared, hyperspectral and thermal imaging of crime scenes. *Forensic Science International* 292: 181-189.
- Edelman G.J. et Alberink I. (2009) Estimation of body heights in digital images. *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*: 1624-1632.
- Edelman G.J. et Bijhold J. (2010) Tracking people and cars using 3D modeling and CCTV. *Forensic Science International* 202(1-3): 26-35.
- Edelman G.J., Alberink I. et Hoogeboom B. (2010) Comparison of the performance of two methods for height estimation. *Journal of Forensic Sciences* 55(2): 358-365.
- Edelman G.J., Gaston E., van Leeuwen T.G., Cullen P.J. et Aalders M.C.G. (2012) Hyperspectral imaging for non-contact analysis of forensic traces. *Forensic Science International* 223(1-3): 28-39.
- Edelman G.J., van Leeuwen T.G. et Aalders M.C.G. (2012) Hyperspectral imaging for the age estimation of blood stains at the crime scene. *Forensic Science International* 223(1-3): 72-77.
- Edelman G.J., Hoveling R.J.M., Roos M., van Leeuwen T.G. et Aalders M.C.G. (2013) Infrared imaging of the crime scene: Possibilities and pitfalls. *Journal of Forensic Sciences* 58(5): 1156-1162.
- Edelman G.J., van Leeuwen T.G. et Aalders M.C. (2015) Visualization of latent blood stains using visible reflectance hyperspectral imaging and chemometrics. *Journal of Forensic Sciences* 60(s1): S188-S192.
- Egorova A. et Fedoseev V. (2019) Semi-Fragile Watermarking for JPEG Image Authentication: A Comparative Study. Dans : *2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)*, juin 2019, p. 1-6.

- ENFSI (2018) Best Practice Manuals for Forensic Image and Video Enhancement. ENFSI. Disponible à l'adresse : <http://enfsi.eu/documents/best-practice-manuals/> [Consulté le 27 juillet 2019].
- Epstein B. et Westlake B.G. (2019) Determination of Vehicle Speed from Recorded Video Using Reverse Projection Photogrammetry and File Metadata. *Journal of Forensic Sciences* 64(5): 1523-1529.
- Everaert-Desmedt N. (2011) Charles Sanders Peirce : La sémiotique / Signo - Théories sémiotiques appliquées. Disponible à l'adresse : <http://www.signosemio.com/peirce/semiotique.asp> [Consulté le 11 mars 2018].
- Fabre M. (2006) Chapitre 1. Qu'est-ce que problématiser ? L'apport de John Dewey. Dans : *Situations de formation et problématisation*. coll. Perspectives en éducation et formation. Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/situations-de-formation-et-problematization--9782804152451-page-15.htm> [Consulté le 18 octobre 2019].
- Fahrni S., Delémont O., Campana L. et Grabherr S. (2019) An exploratory study toward the contribution of 3D surface scanning for association of an injury with its causing instrument. *International Journal of Legal Medicine* 133(4): 1167-1176.
- Fan W., Wang K., Cayre F. et Xiong Z. (2014) JPEG anti-forensics with improved tradeoff between forensic undetectability and image quality. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 9(8): 1211-1226.
- Farid H. (2009) Image forgery detection. *IEEE Signal Processing Magazine* 26(2): 16-25.
- Farid H. (2018) Digital forensics in a post-truth age. *Forensic Science International* 289: 268-269.
- Feng J. et Jain A.K. (2011) Fingerprint Reconstruction: From Minutiae to Phase. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 33(2): 209-223.
- Fernandez J.J. et Pandian N. (2019) JPEG Metadata: A complete study. Dans : *Proceedings of the 2018 International Conference on Recent Trends in Advanced Computing, ICRTAC-CPS 2018* (éd. N P), 2019, p. 34-40. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Ferrara P., Bianchi T., De Rosa A. et Piva A. (2012) Image forgery localization via fine-grained analysis of CFA artifacts. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 7(5): 1566-1577.
- Fischhoff B., Slovic P. et Lichtenstein S. (1977) Knowing with certainty: The appropriateness of extreme confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 3(4): 552-564.
- Fontanille J. (2009) DE L'IMAGE À L'IMAGERIE SCIENTIFIQUE. Gianfranco Marrone. Disponible à l'adresse : [https://www.unilim.fr/pages\\_perso/jacques.fontanille/textes-pdf/Aimageriescientifique.pdf](https://www.unilim.fr/pages_perso/jacques.fontanille/textes-pdf/Aimageriescientifique.pdf) [Consulté le 15 mars 2019].
- Fraser C., Cronk S. et Hanley H. (2008) Close-range photogrammetry in traffic incident management. Dans : *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 2008, p. 125-128.
- Fumey T. (2010) *Technologie de la photographie*. 3e édition. Neuchâtel: CREME.
- Gary-Prieur M.-N. (1971) La notion de connotation(s). *Littérature* 4(4): 96-107.
- Gelana F. et Yadav A. (2019) Firearm Detection from Surveillance Cameras Using Image Processing and Machine Learning Techniques. Trivedi M.C. TS Mishra KK, Misra AK, Kumar KK (éd.) *Advances in Intelligent Systems and Computing* 851: 25-34.

- Geradts Z.J., Bijhold J., Kieft M., Kurosawa K., Kuroki K. et Saitoh N. (2001) Methods for identification of images acquired with digital cameras. Dans : *Proceedings of SPIE 4232, Enabling Technologies for Law Enforcement and Security*, Boston, 2001, p. 505-512.
- Ghiro (2019) Ghiro - automated digital image forensics tool. Disponible à l'adresse : <http://www.getghiro.org/> [Consulté le 3 octobre 2019].
- Ginzburg C. (1980) Signes, traces, pistes. Racines d'un paradigme de l'indice. *Gallimard* (6). coll. Le Débat: 3-44.
- Gloe T. (2012) Feature-based forensic camera model identification. Y.Q S (éd.) *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 7228 LNCS: 42-62.
- Gloe T., Borowka K. et Winkler A. (2010) Efficient estimation and large-scale evaluation of lateral chromatic aberration for digital image forensics. Dans : *Proceedings of SPIE 7541, Media Forensics and Security II*, San Jose, 2010, p. 1-13.
- Godard J.-L. (1963) *Le petit soldat*. Studiocanal.
- Goljan M., Fridrich J. et Filler T. (2009) Large scale test of sensor fingerprint camera identification. Dans : *Proceedings of SPIE 7254, Media Forensics and Security*, San Jose, 2009.
- Greenberg A. (2014) Over 80 Percent of Dark-Web Visits Relate to Pedophilia, Study Finds. *Wired*, 30 décembre. Disponible à l'adresse : <https://www.wired.com/2014/12/80-percent-dark-web-visits-relate-pedophilia-study-finds/> [Consulté le 26 septembre 2019].
- Groebner V. (2007) *Who Are You?: Identification, Deception, and Surveillance in Early Modern Europe*. New York: Zone Books.
- Guo H. et Xu M. (2011) A method for recovering JPEG files based on thumbnail. Dans : *2011 International Conference on Control, Automation and Systems Engineering, CASE 2011*, 2011.
- Han J.G., Park T.H., Moon Y.H. et Eom I.K. (2016) Efficient Markov feature extraction method for image splicing detection using maximization and threshold expansion. *Journal of Electronic Imaging* 25(2).
- Hare E., Hofmann H. et Carriquiry A. (2017) Automatic matching of bullet land impressions. *Annals of Applied Statistics* 11(4): 2332-2356.
- Hjelmslev L. (1968) *Prolégomènes à une théorie du langage suivi de La structure fondamentale du langage / trad. de l'anglais par Anne-Marie Léonard*. coll. Arguments. Editions de Minuit 35. Paris: Les Editions de Minuit.
- Hoogeboom B. et Alberink I. (2010) Measurement uncertainty when estimating the velocity of an allegedly speeding vehicle from images. *Journal of Forensic Sciences* 55(5): 1347-1351.
- Hoogeboom B., Alberink I. et Goos M. (2009) Body height measurements in images. *Journal of Forensic Sciences* 54(6): 1365-1375.
- Houck M.M., Crispino F. et McAdam T. (2018) Photogrammetry and 3D Reconstruction. Dans : *The Science of Crime Scenes*. Second edition. London: Academic Press, Elsevier, p. 361-379.
- Houssaye J. (1988) *Le triangle pédagogique*. coll. Houssaye, Jean. - Théorie et pratiques de l'éducation scolaire 1. Berne: Peter Lang.
- Howard T.L.J., Murta A.D. et Gibson S. (2000) Virtual Environments for scene of crime reconstruction and analysis. Dans : *Proceedings of SPIE 3960, Visual Data Exploration and Analysis VII*, San

- Jose, 2000, p. 41-48. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0033901627&partnerID=40&md5=fc4af482271e85f0069299685cdd5568>.
- Hsu Y.-F. et Chang S.-F. (2010) Camera response functions for image forensics: An automatic algorithm for splicing detection. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 5(4): 816-825.
- Hu Y., Li C.-T. et Zhou C. (2010) Selecting forensic features for robust source camera identification. Dans : *ICS 2010 - International Computer Symposium*, 2010, p. 506-511.
- Hu Y., Jian C. et Li C.-T. (2010) Using improved imaging sensor pattern noise for source camera identification. Dans : *2010 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2010*, 2010, p. 1481-1486.
- Huang F., Huang J. et Shi Y.Q. (2010) Detecting double JPEG compression with the same quantization matrix. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 5(4): 848-856.
- Hwang M.G., Kim S.M. et Har D.H. (2017) A method of identifying digital images with geometric distortion. *Australian Journal of Forensic Sciences* 49(1): 93-105.
- IDEMIA (2019) AUGMENTED VISION Enhancing your video management infrastructure. IDEMIA. Disponible à l'adresse : <https://www.idemia.com/sites/corporate/files/product-downloads/file-2019-06/augmented-vision-idemia-brochure-062019.pdf> [Consulté le 26 septembre 2019].
- Iersel Van M., Veerman H. et Mark Van Der W. (2009) Modelling a crime scene in 3D and adding thermal information. Dans : *Proceedings of SPIE 7481, Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications VI*, Berlin, 2009, p. 1-11. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-70350515705&partnerID=40&md5=0c225a15cc76552a66b5108b2b44cc3b>.
- Inman K. et Rudin N. (2001) *Principles and Practice of Criminalistics the Profession of Forensic Science*. coll. Protocols in forensic science. Boca Raton: CRC Press.
- Iuliani M., Fabbri G. et Piva A. (2015) Image splicing detection based on general perspective constraints. Dans : *2015 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security, WIFS 2015 - Proceedings*, 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Jahanirad M., Wahab A.W.A. et Anuar N.B. (2016) An evolution of image source camera attribution approaches. *Forensic Science International* 262: 242-275.
- Jeanneret A. (2018) *Exploration de l'utilisation de motifs imprimés comme alternative aux traces papillaires naturelles*. Mémoire de maîtrise. Université de Lausanne, Lausanne.
- Jiao P., Miao Q., Zhang M. et Zhao W. (2018) A virtual reality method for digitally reconstructing traffic accidents from videos or still images. *Forensic Science International* 292: 176-180.
- Johnson M. et Liscio E. (2015) Suspect Height Estimation Using the Faro Focus3D Laser Scanner. *Journal of Forensic Sciences* 60(6): 1582-1588.
- Johnson M.K. et Farid H. (2006) Exposing digital forgeries through chromatic aberration. Dans : *Proceedings of the Multimedia and Security Workshop 2006, MM and Sec'06*, 2006, p. 48-55. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33750929814&partnerID=40&md5=66ced04c3a940cdfcedec34b09f9dccb>.
- Johnson M.K. et Farid H. (2007) Exposing digital forgeries in complex lighting environments. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 2(3): 450-461.

- Joly M. (2005) *L'image et les signes: approche sémiologique de l'image fixe*. coll. Armand Colin cinéma. Paris: A. Colin.
- Joly M. (2014) *Introduction à l'analyse de l'image*. 2e éd.. coll. Cinéma et image; 128. Paris: A. Colin.
- Kakar P., Sudha N. et Ser W. (2011) Exposing digital image forgeries by detecting discrepancies in motion blur. *IEEE Transactions on Multimedia* 13(3): 443-452.
- Kaluszynski M. (2002) *La république à l'épreuve du crime. La construction du crime comme objet politique 1880-1920*. coll. Recherches et Travaux. Paris: LGDJ. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00343187> [Consulté le 9 mai 2019].
- Kaluszynski M. (2011) Alphonse Bertillon et l'anthropométrie judiciaire; l'identification au coeur de l'ordre républicain. Dans : *Aux origines de la police scientifique: Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris: Karthala, p. 31-48.
- Kamenicky J., Bartos M., Flusser J., Mahdian B., Kotera J., Novozamsky A., Saic S., Sroubek F., Sorel M., Zita A., Zitova B., Sima Z., Svarc P. et Horinek J. (2016) PIZZARO: Forensic analysis and restoration of image and video data. *Forensic Science International* 264: 153-166.
- Kandavalli M.A. et Abraham Lincon S. (2019) Design and implementation of colour texture-based multiple object detection using morphological gradient approach. *Concurrency Computat Pract Exper*. 31:e4980(14): 1-10.
- Kang X., Li Y., Qu Z. et Huang J. (2012) Enhancing source camera identification performance with a camera reference phase sensor pattern noise. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 7(2): 393-402.
- Keller A. (2019) L'imagerie MULTISPECTRALE en modes réflectance et luminescence photo-induite pour l'investigation médico-légale non invasive. Présentation. Lausanne.
- Khapare A.P. et Phalke D.A. (2017) Approaches for camera source identification: a review. *Int J Enginnering Comput Sci* 6(1): 19977-19979.
- Kind S.S. (1987) *The Scientific Investigation of Crime*. Harrogate: Forensic Science Services.
- Kind S.S. (1994) Crime investigation and the criminal trial: A three chapter paradigm of evidence. *Journal of the Forensic Science Society* 34(3): 155-164.
- Kirchner M. (2008) Fast and reliable resampling detection by spectral analysis of fixed linear predictor residue. Dans : *MM and Sec'08: Proceedings of the 10th ACM Workshop on Multimedia and Security*, 2008, p. 11-20.
- Kirchner M. (2010) Efficient estimation of CFA pattern configuration in digital camera images. Dans : *Proceedings of SPIE 7541, Media Forensics and Security II*, San Jose, 2010, p. 1-12.
- Korus P. (2017) Digital image integrity – a survey of protection and verification techniques. *Digital Signal Processing* 71: 1-26.
- Korus P. et Huang J. (2017) Multi-Scale Analysis Strategies in PRNU-Based Tampering Localization. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 12(4): 809-824.
- Korus P. et Memon N. (2019) Neural Imaging Pipelines - the Scourge or Hope of Forensics? *arXiv:1902.10707 [cs]*. Disponible à l'adresse : <http://arxiv.org/abs/1902.10707> [Consulté le 29 août 2019].
- Krathwohl D.R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice* 41(4): 212-218.

- Krauss R. (1990) *Le photographique: pour une théorie des écarts*. coll. Histoire et théorie de la photographie. Paris: Macula.
- Krogh P. (2005) *The DAM Book: Digital Asset Management for Photographers*. First Edition. USA: O'Reilly Media.
- Kumar A., Kansal A. et Singh K. (2019) An improved anti-forensic technique for JPEG compression. *Multimedia Tools and Applications* 78(18): 25427-25453.
- Kumar V.D.A., Malathi S., Vengatesan K. et Ramakrishnan M. (2018) Facial Recognition System for Suspect Identification Using a Surveillance Camera. *Pattern Recognition and Image Analysis* 28(3): 410-420.
- Kwan Q.Y. (1977) *Inference of Identity of Source*. Thèse de doctorat. University of California, Berkeley, Berkeley.
- Lacan E. (1854) Photographie signalétique ou Application de la photographie au signalement des libérés , par Moreau-Christophe. *La Lumière. Revue de photographie* n° 29: 1.
- Lacour-Berthiot É. (s. d.) *Appareils de photographie judiciaire. Système A. Bertillon*. Paris: Léon Ledoyen. Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.org/fr/bibliotheque/doc/1791/> [Consulté le 3 avril 2019].
- Lameul G. et Loisy C. (2014) *La pédagogie universitaire à l'heure du numérique: questionnement et éclairage de la recherche*. coll. Pédagogies en développement. Bruxelles: De Boeck.
- Lanzi L. (2009) *La photogrammétrie numérique combinée avec la modélisation 3D: applications aux sciences forensiques*. Thèse de doctorat. École des sciences criminelles, Université de Lausanne, Lausanne.
- Larsson S. (2006) *Les hommes qui n'aimaient pas les femmes*. coll. Actes noirs. Arles: Actes Sud.
- Lauzon J. (1998) Notes sur l'indice à l'index : contribution au « photographique » de Rosalind Krauss. *Horizons philosophiques* 9(1): 73.
- Laystary É. (2017) Il obtient sa carte d'identité avec une fausse photo de lui en modèle 3D. *Mashable avec France 24*, 14 juin. Disponible à l'adresse : <http://mashable.france24.com/styles/20170614-raphael-fabre-carte-identite-photo-modele-3d> [Consulté le 20 juin 2018].
- LCI (2019) Big Brother en Chine : comment la reconnaissance faciale permet de mieux surveiller les citoyens. Disponible à l'adresse : <https://www.lci.fr/high-tech/big-brother-en-chine-comment-la-reconnaissance-faciale-permet-de-mieux-surveiller-les-citoyens-2113637.html> [Consulté le 25 juillet 2019].
- Le parisien (2017) Colombie: saisie record de six tonnes de cocaïne. *leparisien.fr*, 2 avril. Disponible à l'adresse : <http://www.leparisien.fr/flash-actualite-monde/colombie-saisie-record-de-six-tonnes-de-cocaine-02-04-2017-6818403.php> [Consulté le 27 mars 2019].
- Le Q. et Liscio E. (2019) A comparative study between FARO Scene and FARO Zone 3D for area of origin analysis. *Forensic Science International* 301: 166-173.
- Lee C.-F., Shen J.-J. et Hsu F.-W. (2018) A Survey of Semi-fragile Watermarking Authentication. Dans : *Recent Advances in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 26 novembre 2018, p. 264-271. Springer, Cham.
- Lee J., Lee E.-D., Tark H.-O., Hwang J.-W. et Yoon D.-Y. (2008) Efficient height measurement method of surveillance camera image. *Forensic Science International* 177(1): 17-23.

- Leipner A., Baumeister R., Thali M.J., Braun M., Dobler E. et Ebert L.C. (2016) Multi-camera system for 3D forensic documentation. *Forensic Science International* 261: 123-128.
- Leipner A., Dobler E., Braun M., Sieberth T. et Ebert L. (2017) Simulation of mirror surfaces for virtual estimation of visibility lines for 3D motor vehicle collision reconstruction. *Forensic Science International* 279: 106-111.
- Leipner A., Obertová Z., Wermuth M., Thali M., Ottiker T. et Sieberth T. (2019) 3D mug shot—3D head models from photogrammetry for forensic identification. *Forensic Science International* 300: 6-12.
- Li C., Ma Q., Xiao L., Li M. et Zhang A. (2017) Image splicing detection based on Markov features in QDCT domain. *Neurocomputing* 228: 29-36.
- Li W., Yuan Y. et Yu N. (2009) Passive detection of doctored JPEG image via block artifact grid extraction. *Signal Processing* 89(9): 1821-1829.
- Li Y., Lin S., Luo Y. et Mi Z. (2019) Performance Evaluation of a Registered Ballistic Database Using the Evofinder<sup>®</sup> System. *Journal of Forensic Sciences* 64: 1335-1344.
- Liang Z., Yang G., Ding X. et Li L. (2015) An efficient forgery detection algorithm for object removal by exemplar-based image inpainting. *Journal of Visual Communication and Image Representation* 30: 75-85.
- Lin A.C.-Y., Hsieh H.-M., Tsai L.-C., Linacre A. et Lee J.C.-I. (2007) Forensic applications of infrared imaging for the detection and recording of latent evidence. *Journal of Forensic Sciences* 52(5): 1148-1150.
- Lin Z., He J., Tang X. et Tang C.-K. (2009) Fast, automatic and fine-grained tampered JPEG image detection via DCT coefficient analysis. *Pattern Recognition* 42(11): 2492-2501.
- Linke M.J. et Deinet W. (1998) Image Processing of Luminescent Fingermarks. *Journal of Forensic Sciences* 43(1): 363-365689-692.
- Lissalde C. (2001) L'Image scientifique. *Bulletin des bibliothèques de France* (5): 26-33.
- Little C.Q., Small D.E., Peters R.R. et Rigdon J.B. (2000) Forensic 3D scene reconstruction. Dans : *Proceedings of SPIE 3905*, Washington, 2000, p. 67-73.
- Liu Q. (2017) An approach to detecting JPEG down-recompression and seam carving forgery under recompression anti-forensics. *Pattern Recognition* 65: 35-46.
- Liu Q., Cao X., Deng C. et Guo X. (2011) Identifying image composites through shadow matte consistency. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 6(3 PART 2): 1111-1122.
- Lloyd K., Rosin P.L., Marshall D. et Moore S.C. (2017) Detecting violent and abnormal crowd activity using temporal analysis of grey level co-occurrence matrix (GLCM)-based texture measures. *Machine Vision and Applications* 28(3-4): 361-371.
- L'Obs (2016) Cinq arrestations à Bruxelles, dont Salah Abdeslam. Disponible à l'adresse : <https://www.nouvelobs.com/attentats-terroristes-a-paris/20160318.OBS6753/cinq-arrestations-a-bruxelles-dont-salah-abdeslam.html> [Consulté le 25 juillet 2019].
- Locard E. (1914) *La Preuve judiciaire par les empreintes digitales*. Lyon: Rey.
- Locard E. (1920) *L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques*. Paris: Flammarion. Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.org/fr/bibliotheque/page/143917/#page> [Consulté le 12 juin 2019].

- Locard E. (1932) *Traité de criminalistique / T. 3 - t. 4, Les preuves de l'identité*. Lyon: J. Desvigne.
- Locard E. (1939) *Manuel de technique policière*. 3e édition. Paris: Payot.
- Locard J. (1950) Cours de photographie judiciaire (1950). Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.org/fr/bibliotheque/doc/976/> [Consulté le 9 mai 2019].
- Ma M., Zheng H. et Lallie H. (2010) Virtual reality and 3D animation in forensic visualization. *Journal of Forensic Sciences* 55(5): 1227-1231.
- Mahdian B. et Saic S. (2009) Using noise inconsistencies for blind image forensics. *Image and Vision Computing* 27(10): 1497-1503.
- Mancini K. et Sidoriak J. (2018) *Fundamentals of Forensic Photography: Practical Techniques for Evidence Documentation on Location and in the Laboratory*. coll. Applications in scientific photography. New York: Routledge.
- Margot P. (2003) Cours de science forensique. Université de Lausanne, Institut de Police Scientifique.
- Margot P. (2014) Traçologie: la trace, vecteur fondamental de la police scientifique. *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique* LXVII(1): 72-97.
- Martin J.-C. (2010) *Investigation de scène de crime: fixation de l'état des lieux et traitement des traces d'objets*. 3e éd., revue et augm.. coll. Sciences forensiques. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Martín-Alberca C., García-Ruiz C. et Delémont O. (2015) Study of chemical modifications in acidified ignitable liquids analysed by GC-MS. *Science & Justice* 55(6): 446-455.
- Martins A.R., Dourado C.S., Talhavini M., Braz A. et Braga J.W.B. (2019) Determination of chronological order of crossed lines of ballpoint pens by hyperspectral image in the visible region and multivariate analysis. *Forensic Science International* 296: 91-100.
- Mathyer J. (1973) Photographie et police. *Revue Internationale de Criminologie et de Police Technique* XXVI(n°3 et n°4): 313-321 et 411-425.
- Mathyer J. (1975) Eléments de preuves fournis par l'examen des lampes électriques à incandescence, plus particulièrement de celles de véhicules impliqués dans des accidents de circulation. *Revue internationale de police criminelle* Tome 1(284-285): 169-181.
- Mayer O. et Stamm M.C. (2015) Anti-forensics of chromatic aberration. Dans : *Proceedings of SPIE 9409, Media Watermarking, Security, and Forensics* (éd. MND Heitzenrater C.D. Alattar AM), San Fransisco, 2015, p. 1-9. SPIE.
- Maynard P., Jenkins J., Edey C., Payne G., Lennard C., McDonagh A. et Roux C. (2009) Near infrared imaging for the improved detection of fingerprints on difficult surfaces. *Australian Journal of Forensic Sciences* 41(1): 43-62.
- Mazur E. (1997) *Peer instruction: a user's manual*. New Jersey: Prentice Hall. Disponible à l'adresse : <http://www.amazon.fr/Peer-Instruction-A-Users-Manual/dp/0135654416>.
- Meng F., Kong X. et You X. (2008) A new feature-based method for source camera identification. Cuenca P.C. SBS Guerrero CG, Puigjaner RP (éd.) *IFIP International Federation for Information Processing* 285: 207-218.
- Mengual E. (2012) Expertise et photographie. De l'utilisation de l'image dans l'instruction et le procès pénal. *Prospective et strategie* Numéros 2-3(1): 139-148.

- Metz C. (1970) Au-delà de l'analogie, l'image. *Communications*: 1-10.
- Metz D. (2017) Qu'est-ce que la plage dynamique? Disponible à l'adresse : <http://www.blog-couleur.com/?qu-est-ce-que-la-plage-dynamique-97> [Consulté le 4 juin 2018].
- Meyer M. (2012) Voir et être vu. L'image de la police entre professionnels, médias et publics. *Questions pénales*. Disponible à l'adresse : [http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/83/51/82/PDF/QP\\_12\\_2012.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/83/51/82/PDF/QP_12_2012.pdf) [Consulté le 5 mars 2018].
- Miller L.S. et Marin N. (2015a) *Police Photography*. 7th edition. Amsterdam: Elsevier.
- Miller L.S. et Marin N. (2015b) Ultraviolet and Infrared Imaging. Dans : *Police Photography*. 7th edition. Amsterdam: Elsevier, p. 211-265.
- Milliet Q., Delémont O. et Margot P. (2014) A forensic science perspective on the role of images in crime investigation and reconstruction. *Science & Justice* 54(6): 470-480.
- Milliet Q., Delémont O., Sapin E. et Margot P. (2015) A methodology to event reconstruction from trace images. *Science & Justice* 55(2): 107-117.
- Mohammed T.M., Bunk J., Nataraj L., Bappy J.H., Flenner A., Manjunath B.S., Chandrasekaran S., Roy-Chowdhury A.K. et Peterson L.A. (2018) Boosting image forgery detection using resampling features and Copy-move analysis. Dans : *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology* (éd. SG Alattar A.M. Memon ND), 2018. Society for Imaging Science and Technology.
- Moler E., Ballarin V., Pessana F., Torres S. et Olmo D. (1998) Fingerprint identification using image enhancement techniques. *Journal of Forensic Sciences* 43(3): 689-692.
- Moret S. (2013) *Application de nanoparticules luminescentes pour la detection de traces papillaires*. Thèse de doctorat. École des sciences criminelles, Université de Lausanne, Lausanne.
- Muchtar K., Rahman F., Munggaran M.R., Juniarta Dwiyantoro A.P., Dharmadi R., Nugraha I. et Chang C.-Y. (2019) An Efficient Event Detection Through Background Subtraction and Deep Convolutional Nets. Chang C.-Y. LH-H Lin CC (éd.) *Communications in Computer and Information Science* 1013: 163-167.
- Muller A. (2006) Chapitre 7. La numération de position : entre enquête mathématique et enquête didactique. Dans : *Situations de formation et problématisation*. Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur, p. 107-122. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/situations-de-formation-et-problematization--9782804152451-page-107.htm> [Consulté le 18 octobre 2019].
- Musée d'Orsay (2006) Musée d'Orsay: Le réalisme. Disponible à l'adresse : <http://www.musee-orsay.fr/fr/collections/dossier-courbet/le-realisme.html> [Consulté le 4 mars 2018].
- Najman C. (1980) *La police des images*. coll. Des images plein la tête. Paris: Encre.
- National Institute of Justice (2013a) *A Technical Evaluation of Crime Scene Imaging Technologies*. Washington D.C.: National Institute of Justice. Disponible à l'adresse : <https://rti.connectsolutions.com/p32zmkjgm0n/> [Consulté le 27 juillet 2019].
- National Institute of Justice (2013b) *Technical Advances in the Visual Documentation of Crime Scenes: An Overview*. Washington D.C.: National Institute of Justice. Disponible à l'adresse : <https://www.crime-scene-investigator.net/technical-advances-in-the-visual-documentation-of-crime-scenes.html> [Consulté le 27 juillet 2019].
- Neis P., Fink T., Dilger M. et Rittner C. (2000) Use of the software Poser4 in reconstruction of accident and crime scenes. *Forensic Science International* 113(1-3): 277-280.

- Newman L.H. (2019) To Fight Deepfakes, Researchers Built a Smarter Camera. One way to tell if an image has been faked? Bake the tamper-proofing into the camera itself. *Wired*. Disponible à l'adresse : <https://www.wired.com/story/detect-deepfakes-camera-watermark/> [Consulté le 29 août 2019].
- Newton C. (2019) Three Facebook moderators break their NDAs to expose a company in crisis. Disponible à l'adresse : <https://www.theverge.com/2019/6/19/18681845/facebook-moderator-interviews-video-trauma-ptsd-cognizant-tampa> [Consulté le 26 septembre 2019].
- Noond J., Schofield D., March J. et Evison M. (2002) Visualising the scene: Computer graphics and evidence presentation. *Science and Justice - Journal of the Forensic Science Society* 42(2): 89-95.
- Normann R. et Ramirez R. (1993) From value chain to value constellation: Designing interactive strategy. *Harvard Business Review* 71(4): 65-77.
- O'Brien J.F. et Farid H. (2012) Exposing photo manipulation with inconsistent reflections. *ACM Transactions on Graphics* 31(1, Article 4): 1-11.
- Observatoire de la sécurité (2005) *Sécurité et sentiment d'insécurité à Lausanne*. préavis. Lausanne: Observatoire de la sécurité. Disponible à l'adresse : <http://www.lausanne.ch/lausanne-officielle/administration/securite-et-economie/secretariat-general-se/observatoire-securite.html> [Consulté le 5 mars 2018].
- OFROU (2008) RS 741.013.1 Ordonnance de l'OFROU du 22 mai 2008 concernant l'ordonnance sur le contrôle de la circulation routière (OOCOR-OFROU). Disponible à l'adresse : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20080078/index.html#a8> [Consulté le 19 juin 2019].
- OME (2019) The Open Microscopy Environment. Disponible à l'adresse : <http://www.openmicroscopy.org/> [Consulté le 17 octobre 2019].
- Owen G. et Savage N. (2015) The Tor Dark Net. Disponible à l'adresse : <https://www.cigionline.org/publications/tor-dark-net> [Consulté le 26 septembre 2019].
- Pal A. et Memon N. (2009) The evolution of file carving. *IEEE Signal Processing Magazine* 26(2): 59-71.
- Pan X., Zhang X. et Lyu S. (2012) Exposing image splicing with inconsistent local noise variances. Dans : *2012 IEEE International Conference on Computational Photography, ICCP*, seattle, 2012, p. 1-10.
- Paper.js (2012) Paper.js. Disponible à l'adresse : <http://paperjs.org/> [Consulté le 18 octobre 2019].
- Payne G., Wallace C., Reedy B., Lennard C., Schuler R., Exline D. et Roux C. (2005) Visible and near-infrared chemical imaging methods for the analysis of selected forensic samples. *Talanta* 67(2): 334-344.
- Peirce C.S. et Deledalle G. (1978) *Ecrits sur le signe (collected papers, 1931 - 1958), Rassemblés, traduits et commentés par Gérard Deledalle*. coll. L'ordre philosophique. Paris: Seuil.
- Peng B., Wang W., Dong J. et Tan T. (2017) Optimized 3D lighting environment estimation for image forgery detection. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 12(2): 479-494.
- Perez M., Kot A.C. et Rocha A. (2019) Detection of Real-world Fights in Surveillance Videos. Dans : *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 2019, p. 2662-2666. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

- Petraco N.D.K., Chan H., Forest P.R.D., Diaczuk P., Gambino C., Hamby J., Kammerman F.L., Brooke W., Kubic T.A., Kuo L., Petillo G., Phelps E.W., Pizzola A. et Purcell D.K. (2012) Application of Machine Learning to Tool Marks: Statistically Based Methods for Impression Pattern Comparisons, NIJ Report 239048. *Application of Machine Learning to Toolmarks: Statistically Based Methods for Impression Pattern Comparisons*.
- Pfefferli P.W. (2001) Computer aided crime scene sketching. Dans : *Problems of Forensic Sciences*, 2001, p. 83-85. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035715665&partnerID=40&md5=66f7af40e5123e978bbe01d04d9d1cc6>.
- Pham T.V., Worring M. et Smeulders A.W.M. (2007) A multi-camera visual surveillance system for tracking of reoccurrences of people. Dans : *2007 1st ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras, ICDSC*, 2007, p. 164-169.
- Phase One (2018) Medical, Scientific, & Custom. Disponible à l'adresse : <https://drculturalheritage.com/medical-scientific-custom/> [Consulté le 29 juillet 2019].
- Phéline C. (1985) *L'image accusatrice*. coll. Les cahiers de la photographie 17. Laplume: Association de critique contemporaine en photographie.
- Phillips P.J., Martin A., Wilson C.L. et Przybocki M. (2000) An Introduction to evaluating biometric systems. *Computer* 33(2): 56-63.
- Piaget J. (1966) *L'image mentale chez l'enfant: étude sur le développement des représentations imagées*. coll. Bibliothèque scientifique internationale. Presses univ. de France. Section psychologie. Paris: Presses universitaires de France.
- Piazza P. (2011) *Aux origines de la police scientifique: Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris: Karthala.
- Pierron M. (2007) Traque mondiale au pédophile. *Le Journal du Dimanche*, 8 octobre. Lagardère Média News. Paris. Disponible à l'adresse : <https://www.lejdd.fr/Societe/Traque-mondiale-au-pedophile-102307-3095339> [Consulté le 2 juillet 2019].
- Pix4D (2014) Collision and crime scene investigation - with drones. Disponible à l'adresse : [blog/accident-and-crime-scene-investigation](http://blog.pix4d.com/collision-and-crime-scene-investigation) [Consulté le 3 avril 2019].
- Pizzaro (2014) Pizzaro. Disponible à l'adresse : <http://pizzaro.utia.cas.cz/> [Consulté le 3 octobre 2019].
- Pôle de soutien à l'enseignement et l'apprentissage (2019) Taxonomies d'objectifs d'apprentissage et exemples de verbes d'action. Université de Genève. Disponible à l'adresse : [https://www.unige.ch/dife/files/7915/5602/4401/SEA\\_Taxnomies-verbes-action\\_avril2019.pdf](https://www.unige.ch/dife/files/7915/5602/4401/SEA_Taxnomies-verbes-action_avril2019.pdf) [Consulté le 14 octobre 2019].
- Popescu A.C. et Farid H. (2005) Exposing digital forgeries in color filter array interpolated images. *IEEE Transactions on Signal Processing* 53(10 II): 3948-3959.
- Porter G., Ebeyan R., Crumlish C. et Renshaw A. (2015) A Novel Method for the Photographic Recovery of Fingerprint Impressions from Ammunition Cases Using Digital Imaging. *Journal of Forensic Sciences* 60(2): 418-421.
- Poumay M. (2014) Chapitre 3. L'innovation pédagogique dans le contexte de l'enseignement supérieur. Dans : *La pédagogie universitaire à l'heure du numérique*. coll. Pédagogies en développement. Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur, p. 69-81.
- Prasad S. et Ramakrishnan K.R. (2006) On resampling detection and its application to detect image tampering. Dans : *2006 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2006 - Proceedings*, 2006, p. 1325-1328.

- Puentes K., Taveira F., Madureira A.J., Santos A. et Magalhães T. (2009) Three-dimensional reconstitution of bullet trajectory in gunshot wounds: A case report. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 16(7): 407-410.
- Pun C.-M., Liu B. et Yuan X.-C. (2016) Multi-scale noise estimation for image splicing forgery detection. *Journal of Visual Communication and Image Representation* 38: 195-206.
- Qi M. (2018) Gait based human identification in surveillance videos. Dans : *ICNC-FSKD 2017 - 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (éd. XG Zhao L. Wang L, Cai G, Li K, Liu Y), 2018, p. 2317-2322. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Radford B. (2015) Loch Ness Monster: Facts About Nessie. Disponible à l'adresse : <https://www.livescience.com/26341-loch-ness-monster.html> [Consulté le 28 juin 2019].
- Ramstrand N., Ramstrand S., Brolund P., Norell K. et Bergstrom P. (2011) Relative effects of posture and activity on human height estimation from surveillance footage. *Forensic Science International* 212(1-3): 27-31.
- Rao M.P., Rajagopalan A.N. et Seetharaman G. (2014) Harnessing motion blur to unveil splicing. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 9(4): 583-595.
- Rao Y. et Ni J. (2017) A deep learning approach to detection of splicing and copy-move forgeries in images. Dans : *8th IEEE International Workshop on Information Forensics and Security, WIFS 2016*, 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Ratcliffe S. (2012) Robert Capa. 1 ed. Oxford University Press. Disponible à l'adresse : <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780191735240.001.0001/q-oro-00002571> [Consulté le 2 avril 2019].
- Rayner G. et Beach A. (2014) Video clues that could unmask James Foley's murderer. *Telegraph*. 20 août. Disponible à l'adresse : <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/middleeast/iraq/11047420/Video-clues-that-could-unmask-James-Foleys-murderer.html> [Consulté le 13 décembre 2019].
- RBT (2015a) 1.4.2 Photographie. Disponible à l'adresse : <https://esc-app.unil.ch/rbt/laboratoire-exploitation/4-13-ampoule/> [Consulté le 26 juin 2019].
- RBT (2015b) 4.13 Ampoule. Disponible à l'adresse : <https://esc-app.unil.ch/rbt/laboratoire-exploitation/4-13-ampoule/> [Consulté le 26 juin 2019].
- Rechter G. (1921) Les écoles de criminologie et de police scientifique (Lausanne, Lyon, Paris). Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.org/fr/bibliotheque/doc/929/> [Consulté le 6 juillet 2019].
- Reis G. (2007) *Photoshop CS3 for Forensics Professionals: A Complete Digital Imaging Course for Investigators*. Indianapolis: John Wiley & Sons Ltd. Disponible à l'adresse : [https://www.payot.ch/Detail/photoshop\\_cs3\\_for\\_forensics\\_professionals\\_a\\_complete\\_digital\\_imaging\\_course\\_for\\_investigators-reis\\_george-9780470114544?cId=1](https://www.payot.ch/Detail/photoshop_cs3_for_forensics_professionals_a_complete_digital_imaging_course_for_investigators-reis_george-9780470114544?cId=1) [Consulté le 27 juillet 2019].
- Reiss R.A. (1903a) *La photographie judiciaire*. Paris: Charles Mendel.
- Reiss R.A. (1903b) Quelques mots sur la photographie judiciaire. *Revue suisse de photographie* (Tome 15): 1-10.

- Reiss R.A. (1905) *Manuel du portrait parlé (méthode Alphonse Bertillon) à l'usage de la police : avec vocabulaire français, allemand, italien et anglais / par R. A. Reiss,...* Disponible à l'adresse : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k147207b> [Consulté le 27 mars 2019].
- Reiss R.A. (2009) Musée de l'Elysée: Le Théâtre du crime. Disponible à l'adresse : <http://www.elysee.ch/expositions-et-evenements/detail/news/le-theatre-du-crime/> [Consulté le 5 mars 2018].
- Renneville M. (2005) Le criminel-né : imposture ou réalité ? *Criminocorpus [En ligne]. Revue d'Histoire de la justice, des crimes et des peines*. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/criminocorpus/127> [Consulté le 10 mars 2018].
- Renneville M. (2014) « C'est à la prison à reconnaître les siens ». *Criminocorpus. Revue d'Histoire de la justice, des crimes et des peines*. Disponible à l'adresse : <https://criminocorpus.revues.org/2717?lang=fr> [Consulté le 15 mai 2017].
- Ribaux O. (2014) *Police scientifique: le renseignement par la trace*. coll. Sciences forensiques. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Ribaux O., Baylon A., Lock E., Delémont O., Roux C., Zingg C. et Margot P. (2010) Intelligence-led crime scene processing. Part II: Intelligence and crime scene examination. *Forensic Science International* 199(1-3): 63-71.
- Riess C., Unberath M., Naderi F., Pfaller S., Stamminger M. et Angelopoulou E. (2017) Handling multiple materials for exposure of digital forgeries using 2-D lighting environments. *Multimedia Tools and Applications* 76(4): 4747-4764.
- Ritchie K.L., White D., Kramer R.S.S., Noyes E., Jenkins R. et Burton A.M. (2018) Enhancing CCTV: Averages improve face identification from poor-quality images. *Applied Cognitive Psychology* 32(6): 671-680.
- Riva F. et Champod C. (2014) Automatic comparison and evaluation of impressions left by a firearm on fired cartridge cases. *Journal of Forensic Sciences* 59(3): 637-647.
- Robertson D.W. (1946) A Note on the Classical Origin of « Circumstances » in the Medieval Confessional. *Studies in Philology* 43(1): 6-14.
- Robinson E.M. (2010) *Crime Scene Photography*. 2nd ed. Amsterdam: Academic Press/Elsevier. Disponible à l'adresse : [http://sfx.ethz.ch/sfx\\_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9780123757289](http://sfx.ethz.ch/sfx_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9780123757289) [Consulté le 27 juillet 2019].
- Robinson E.M. (2013) *Introduction to Crime Scene Photography*. Oxford: Academic Press.
- Rogahn K. (2012) Evaluating High Dynamic Range (HDR) Processing with Regards to the Presence of Individualizing Characteristics in Shoeprint Impressions. *U.S. Department of Justice*: 17.
- Rossy Q. (2011) *Méthodes de visualisation en analyse criminelle: approche générale de conception des schémas relationnels et développement d'un catalogue de patterns*. Thèse de doctorat. Ecole des sciences criminelles, Université de Lausanne, Lausanne.
- Rossy Q., Ioset S., Dessimoz D. et Ribaux O. (2013) Integrating forensic information in a crime intelligence database. *Forensic Science International* 230(1-3): 137-146.
- Rossy Q., Ribaux O., Boivin R. et Fortin F. (2019) Le traitement de l'information dans l'enquête criminelle. Dans : *Nouveau traité de sécurité. Sécurité intérieure et sécurité urbaine*. Hurtubise, p. 428-446.

- Rowan P., Hill M., Gresham G.A., Goodall E. et Moore T. (2010) The use of infrared aided photography in identification of sites of bruises after evidence of the bruise is absent to the naked eye. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 17(6): 293-297.
- Saffrey H.D. (2004) *Humanisme et imagerie aux XVe et XVIe siècles: études iconologiques et bibliographiques*. Paris: Librairie Philosophique Vrin.
- Saïd S. (1993) Images grecques : icônes et idoles. *Faits de langues* 1(1): 11-20.
- Saputra D.I.S. et Amin K.M. (2016) Face detection and tracking using live video acquisition in camera closed circuit television and webcam. Dans : *Proceedings - 2016 1st International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2016*, 2016, p. 154-157. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Saraswat N.K. et Kushwaha A. (2019) Real time face detection using CCTV camera. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 8(6): 273-276.
- Savan D. (1980) La séméiotique de Charles S. Peirce. *Langages* 14(58): 9-23.
- Schaeffer J.-M. (1987) *L'image précaire: du dispositif photographique*. coll. Poétique. Paris: Editions du Seuil.
- Ségalat R.-J. (1975) *La science contre le crime: introduction à la police scientifique*. Genève: Edito-Service.
- Shah S., Sharma A., Angra R., Singh N. et Ahmed K. (2017) Automated Vigilance Assistance System with Crime Detection for Upcoming Smart Cities. *SAE Technical Papers* 2017-March(March).
- Sheppard K., Cassella J.P. et Fieldhouse S. (2016) How Technology is Revolutionising Crime Scene Capture and Presentation Visualising a Crime Scene using Novel Crime Scene Documentation Technology. *CSeye* 2016: 16-24.
- Sheppard K., Cassella J.P. et Fieldhouse S. (2017) A comparative study of photogrammetric methods using panoramic photography in a forensic context. *Forensic Science International* 273: 29-38.
- Singh K., Kansal A. et Singh G. (2019) An improved median filtering anti-forensics with better image quality and forensic undetectability. *Multidimensional Systems and Signal Processing* 30(4): 1951-1974.
- Solinas S. (2011) Comment la photographie a inventé l'identité, Des pouvoirs du portrait. Dans : *Aux origines de la police scientifique: Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris: Karthala, p. 70-88.
- Sontag S. (1977) *On Photography*. New York: Farrar : Straus and Giroux.
- Sotteau Soualle S. (2011) Ernest Appert (1831-1890), un précurseur d'Alphonse Bertillon en matière de photographie judiciaire? Dans : *Aux origines de la police scientifique: Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris: Karthala, p. 54-55.
- Soutif D. (1991) De l'indice à l'index ou de la photographie au musée. *Les Cahiers du Musée national d'art moderne* (n° 35): 70-99.
- Speir J.A. et Hietpas J. (2014) Frequency filtering to suppress background noise in fingerprint evidence: Quantifying the fidelity of digitally enhanced fingerprint images. *Forensic Science International* 242: 94-102.

- Sreenu G. et Saleem Durai M.A. (2019) Intelligent video surveillance: a review through deep learning techniques for crowd analysis. *Journal of Big Data* 6(48): 1-27.
- Sterzik V. et Bohnert M. (2016) Reconstruction of crimes by infrared photography. *International Journal of Legal Medicine* 130(5): 1379-1385.
- Stevan C. (2019) Il y a 80 ans, naissait le photojournalisme moderne avec Capa. Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/culture/arts-visuels/10332226-il-y-a-80-ans-naissait-le-photojournalisme-moderne-avec-capa.html> [Consulté le 2 avril 2019].
- Süskind P. (1986) *Le parfum: histoire d'un meurtre : roman*. coll. Le livre de poche 6427. Paris: Fayard.
- Swaminathan A., Wu M. et Liu K.J.R. (2008) Digital image forensics via intrinsic fingerprints. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 3(1): 101-117.
- SWGFAST (2010) Standard for Documentation of Analysis, Comparison, Evaluation and Verification (ACE-V) (Latent) V.1.0. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology. Disponible à l'adresse : [http://clpex.com/swgfast/documents/documentation/100310\\_Standard\\_Documentation\\_ACE-V\\_1.0.pdf](http://clpex.com/swgfast/documents/documentation/100310_Standard_Documentation_ACE-V_1.0.pdf).
- SWGFAST (2018) Standard for Friction Ridge Digital Imaging (Latent/Tenprint) version 2.0. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology.
- SWGIT (2010) Section 11 Best Practices for Documenting Image Enhancement Version 1.3 2010.01.15. *SWGIT Guidelines for the Forensic Imaging Practitioner*: 16.
- SWGIT (2012) Section12: best practices for forensic image analysis, version 1.7, 2012.06.07. *SWGIT Guidelines for the Forensic Imaging Practitioner*: 12.
- Tang Y., Fang J., Chow K.P., Yiu S.M., Xu J., Feng B., Li Q. et Han Q. (2016) Recovery of heavily fragmented JPEG files. *Digital Investigation* 18: S108-S117.
- TECFA (2019) EduTech Wiki. Disponible à l'adresse : <http://edutechwiki.unige.ch/fr/Accueil> [Consulté le 18 octobre 2019].
- Thali M.J., Braun M., Markwalder Th.H., Brüscheiler W., Zollinger U., Malik N.J., Yen K. et Dirnhofer R. (2003) Bite mark documentation and analysis: The forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach. *Forensic Science International* 135(2): 115-121.
- Thali M.J., Braun M., Brüscheiler W. et Dirnhofer R. (2003) « Morphological imprint »: Determination of the injury-causing weapon from the wound morphology using forensic 3D/CAD-supported photogrammetry. *Forensic Science International* 132(3): 177-181.
- Thirunavukkarasu V., Satheesh Kumar J., Chae G.S. et Kishorkumar J. (2018) Non-intrusive Forensic Detection Method Using DSWT with Reduced Feature Set for Copy-Move Image Tampering. *Wireless Personal Communications* 98(4): 3039-3057.
- Truepic (2019) Truepic | Technology. Disponible à l'adresse : <https://truepic.com/technology/> [Consulté le 29 août 2019].
- Tsifouti A., Triantaphillidou S., Larabi M.-C., Bilissi E. et Psarrou A. (2015) Comparative performance between human and automated face recognition systems, using CCTV imagery, different compression levels and scene parameters. Dans : *Proceedings of SPIE 9396, Image Quality and System Performance XII* (éd. LM-C Triantaphillidou S.), San Fransisco, 2015, p. 1-14.

- Tuba V., Jovanovic R. et Tuba M. (2017) Digital image forgery detection based on shadow HSV inconsistency. Dans : *2017 5th International Symposium on Digital Forensic and Security, ISDFS 2017* (éd. HP Genge B.), 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Tufte E.R. (2005) *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. 7th printing, with revisions. Cheshire Conn.: Graphics Press.
- Tung N.D., Barr J., Sheppard D.J., Elliot D.A., Tottey L.S. et Walsh K.A.J. (2015) Spherical Photography and Virtual Tours for Presenting Crime Scenes and Forensic Evidence in New Zealand Courtrooms. *Journal of Forensic Sciences* 60(3): 753-758.
- Urbanová P., Jurda M., Vojtíšek T. et Krajsa J. (2017) Using drone-mounted cameras for on-site body documentation: 3D mapping and active survey. *Forensic Science International* 281: 52-62.
- Valentine T. et Davis J.P. (2015) *Forensic Facial Identification: Theory and Practice of Identification from Eyewitnesses, Composites and CCTV*. Wiley Blackwell.
- Valenzise G., Nobile V., Tagliasacchi M. et Tubaro S. (2011) Countering JPEG anti-forensics. Dans : *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, 2011*, p. 1949-1952.
- van den Hout A. et Alberink I. (2010) A hierarchical model for body height estimation in images. *Forensic Science International* 197(1-3): 48-53.
- Van Huis J.R., Bouma H., Baan J., Burghouts G.J., Eendebak P.T., Den Hollander R.J.M., Dijk J. et Van Rest J.H.C. (2014) Track-based event recognition in a realistic crowded environment. Dans : *Proceedings of SPIE 9253, Optics and Photonics for Counterterrorism, Crime Fighting, and Defence X; and Optical Materials and Biomaterials in Security and Defence Systems Technology XI* (éd. KF Burgess D. Rana H, Zamboni R, Szep AA, Owen G), Amsterdam, 2014, p. 1-7.
- Van Lier H. (1983) *Philosophie de la photographie*. coll. Les cahiers de la photographie hors/série. Paris: Les cahiers de la photographie.
- Van L.T., Emmanuel S. et Kankanhalli M.S. (2007) Identifying source cell phone using chromatic aberration. Dans : *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2007, 2007*, p. 883-886. Disponible à l'adresse : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-46449101577&partnerID=40&md5=65d5ac1bd8c4ea8a4c7871f73653b429>.
- Voisard R., Champod C., Furrer J., Curchod J., Vautier A., Massonnet G. et Buzzini P. (2007) Nicephor[e]: A web-based solution for teaching forensic and scientific photography. *Forensic Science International* 167(2-3): 196-200.
- Wach W. et Unarski J. (2014) Fall from height in a stairwell – mechanics and simulation analysis. *Forensic Science International* 244: 136-151.
- Walia S. et Kumar K. (2019) Digital image forgery detection: a systematic scrutiny. *Australian Journal of Forensic Sciences* 51(5): 488-526.
- Wei Z., Xiaochun C., Jiawan Z., Jigui Z. et Ping W. (2009) Detecting photographic composites using shadows. Dans : *Proceedings - 2009 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2009, 2009*, p. 1042-1045.
- Weiss S.L. (2009a) *Forensic Photography: The Importance of Accuracy*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

- Weiss S.L. (2009b) Photogrammetry. Dans : *Forensic Photography: The Importance of Accuracy*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, p. 99-126.
- Wengrowski E., Sun Z.H. et Hoogs A. (2018) Reflection correspondence for exposing photograph manipulation. Dans : *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, 2018*, p. 4317-4321. IEEE Computer Society.
- Werner D., Rhumorbarbe D., Kronseder P. et Gallusser A. (2018) Comparison of three bullet recovery systems. *Forensic Science International* 290: 251-257.
- Weyermann C., Daele A., Muehlethaler C. et Voisard R. (2015) Une question de temps: apprentissage par problème dans un cours de police scientifique. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur* 31-1: 1-13.
- Wikipédia* (2017a) Image. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Image&oldid=140920278> [Consulté le 2 octobre 2017].
- Wikipédia* (2017b) Image mentale. Disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Image\\_mentale&oldid=141773468](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Image_mentale&oldid=141773468).
- Wikipédia* (2018) Identité (philosophie). Disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Identit%C3%A9\\_\(philosophie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Identit%C3%A9_(philosophie)) [Consulté le 14 juin 2018].
- Wikipédia* (2019) QQQQCCP. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=QQQQCCP&oldid=160231214> [Consulté le 17 juillet 2019].
- Worrall S. (2017) Cet homme a passé 60 ans à chercher le yéti, et a fini par le trouver. Disponible à l'adresse : <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/cet-homme-passe-60-ans-chercher-le-yeti-et-fini-par-le-trouver> [Consulté le 30 avril 2019].
- Wu Z.-H., Stamm M.C. et Liu K.J.R. (2013) Anti-forensics of median filtering. Dans : *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings, 2013*, p. 3043-3047.
- Yang J., Xie J., Zhu G., Kwong S. et Shi Y.-Q. (2014) An effective method for detecting double JPEG compression with the same quantization matrix. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 9(11): 1933-1942.
- Yao H., Wang S., Zhao Y. et Zhang X. (2012) Detecting image forgery using perspective constraints. *IEEE Signal Processing Letters* 19(3): 123-126.
- Yao H., Wang S., Zhang X., Qin C. et Wang J. (2017) Detecting Image Splicing Based on Noise Level Inconsistency. *Multimedia Tools and Applications* 76(10): 12457-12479.
- Yu J., Zhan Y., Yang J. et Kang X. (2017) A multi-purpose image counter-anti-forensic method using convolutional neural networks. Kim H.J. SYQ Liu F, Perez-Gonzalez F (éd.) *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 10082 LNCS: 3-15.
- Zanetta S. (2001) *Duplication des clés à fraisage horizontal II: étude d'éléments d'interprétation (persistance, trace d'usure) et de datation*. Mémoire de maîtrise. Institut de Police Scientifique, UNIL, Lausanne.
- Zeng H., Qin T., Kang X. et Liu L. (2014) Countering anti-forensics of median filtering. Dans : *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings, 2014*, p. 2704-2708. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

- Zhang D. et Zhang H. (2018) A video surveillance system based on gait recognition. Sun Z. WY Shan S, Jia Z, Ubul K, Zhou J, Feng J, Guo Z (éd.) *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 10996 LNCS: 120-127.
- Zhang W., Cao X., Qu Y., Hou Y., Zhao H. et Zhang C. (2010) Detecting and extracting the photo composites using planar homography and graph cut. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 5(3): 544-555.
- Zhao X., Bateman P. et Ho A.T.S. (2011) Image Authentication Using Active Watermarking and Passive Forensics Techniques. Dans : Lin W, Tao D, Kacprzyk J, et al. (éds) *Multimedia Analysis, Processing and Communications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 139-183.
- Zobel F., Esseiva P., Udrișard R., Lociciro S. et Samitca S. (2017) *Le marché des stupéfiants dans le canton de Vaud. Partie 1: les opioïdes*. Lausanne: Addiction Suisse/Ecole des sciences criminelles/Institut universitaire de médecine sociale et préventive. Disponible à l'adresse : [https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB\\_3E55577C7CF3](https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_3E55577C7CF3) [Consulté le 5 mars 2018].
- Žuraulis V., Levulytė L. et Sokolovskij E. (2016) Vehicle Speed Prediction from Yaw Marks Using Photogrammetry of Image of Traffic Accident Scene. *Procedia Engineering* 134. coll. TRANSBALTICA 2015: PROCEEDINGS OF THE 9th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE. May 7–8, 2015. Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania.: 89-94.