

Université de Lausanne
Faculté de Droit et des Sciences criminelles
Institut de Police Scientifique et de Criminologie

**Processus
de reconnaissance et d'identification
de personnes décédées**

Thèse de doctorat

présentée à l'Institut de Police Scientifique et de Criminologie
de l'Université de Lausanne

par

Jean-Luc Gremaud

Diplômé en police scientifique et criminologie
de l'Université de Lausanne

2010

Unil

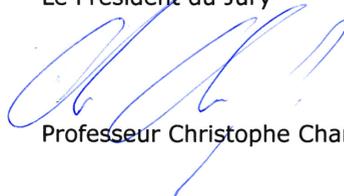
UNIL | Université de Lausanne
Ecole des sciences criminelles
bâtiment Batochime
CH-1015 Lausanne

IMPRIMATUR

A l'issue de la soutenance de thèse, le Jury autorise l'impression de la thèse de
M. Jean-Luc Gremaud, candidat au doctorat en sciences forensiques, intitulée

« Processus de reconnaissance et d'identification de personnes décédées »

Le Président du Jury



Professeur Christophe Champod

Lausanne, le 23 avril 2010

À celles et ceux dont la tombe est anonyme

Série criminalistique No. 45
ISBN 2-940098-49-2

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse a été réalisé à l'École des sciences criminelles (ESC) de l'Université de Lausanne sous la direction de Monsieur le Professeur Pierre Margot, directeur. Le jury de thèse, présidé par Monsieur le Professeur Christophe Champod, était composé de:

- Monsieur Eddy de Valck, Odontologue forensique chef, DVI belge.
- Monsieur Michel Perrier, Odontologue et collaborateur du Centre universitaire romand de médecine légale (CURML).
- Monsieur Christian Varone, Commandant de la police cantonale valaisanne.
- Madame Bettina Kahil-Wolff, Professeure à la faculté de droit de l'Université de Lausanne, vice-Doyenne de la faculté de droit et des sciences criminelles.
- Monsieur David-Olivier Jaquet-Chiffelle, Professeur à l'École des sciences criminelles.
- Monsieur Franco Taroni, Professeur à l'École des sciences criminelles.

Les personnes qui m'ont accompagné tout au long de cette recherche sont nombreuses et leur aide m'a été très précieuse. Sans être exhaustif, je suis très reconnaissant :

- À Monsieur le Professeur Pierre Margot pour la qualité de son accueil à l'ESC, pour le partage de ses connaissances et la pertinence de ses conseils.
- Aux nombreuses personnes de l'École des sciences criminelles, dont Monsieur le Professeur Franco Taroni qui m'a initié avec passion au théorème de Bayes et aux subtilités de l'interprétation; Monsieur le Professeur David-Olivier Jaquet-Chiffelle, pour son enthousiasme et ses réflexions passionnantes sur les concepts liés à l'identité; Messieurs les Professeurs Christophe Champod et Olivier Ribaux pour leurs encouragements et leurs remarques judicieuses.

Aux membres du DVI suisse dont:

- Monsieur Hansjörg Ritter, Commandant de la police cantonale d'Appenzell, Rhodes-Extérieures, chef stratégique du DVI Team CH de sa création en 2001 jusqu'en 2010. En de maintes occasions, j'ai pu compter sur son soutien précieux.
- Monsieur Arnold Bolliger, vice-Directeur de l'Office fédéral de la police et Chef de la Division principale pour la coopération policière internationale. En 1999 déjà, soit avant que la Suisse ne soit dotée d'une structure d'inter-

vention officielle pour les catastrophes, il m'a accordé sa confiance pour participer à des investigations DVI à l'étranger.

- À mes collègues du Kernteam DVI, notamment Messieurs Emilio Scossa-Baggi, chef SIJ-TI, Rolf Hallauer, chef du Commissariat identifications internationales (FedPol), Alexandre Girod, chef SIJ-VD, Dr Marc Bollmann, médecin légiste au CURML.

À mes collaboratrices et collaborateurs de la section d'identité judiciaire de la police cantonale valaisanne et en particulier au chef du groupe technique, l'inspecteur principal Pierre-Laurent Fournier. Réaliser une thèse en parallèle à mes fonctions policières n'a été possible qu'avec leur soutien inconditionnel. La plupart de mes réflexions ont été soumises à leur critique et leurs remarques m'ont toujours été utiles.

Aux autres personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur aide, notamment Messieurs Bernhard Knell, odontologue, Dr Vincent Castella, chef de l'unité de génétique forensique du CURML, Bernard Crettaz, ethno-sociologue.

À mes parents. Leur amour et leur soutien m'ont toujours accompagné.

À mon épouse Marina et à mon fils Adrien qui m'ont encouragé pour que je puisse m'engager dans ce domaine particulier. Ils m'ont donné la liberté de me réaliser et m'ont toujours soutenu, de façon indéfectible. Je leur dois tout.

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRES.....	1
PROLOGUE.....	5
1. INTRODUCTION.....	7
1.1. DE LA NÉCESSITÉ DE REDONNER SON NOM À UNE PERSONNE DÉCÉDÉE.....	7
1.2. OBJECTIF ET HYPOTHÈSE.....	16
2. INDIVIDUALITÉ ET IDENTITÉS.....	19
2.1. INTRODUCTION.....	19
2.2. LES IDENTITÉS.....	23
2.2.1. L'identité civile.....	24
2.2.2. L'identité biologique.....	30
2.2.3. Autres formes d'identité.....	35
2.3. DISCUSSION.....	37
2.3.1. Sélectivité.....	39
2.3.2. Processus visant à individualiser une personne.....	40
3. LA RECONNAISSANCE.....	43
3.1. INTRODUCTION.....	43
3.2. PROCESSUS MNÉSIQUE.....	46
3.2.1. Perception catégorielle.....	49
3.2.2. Amplification des critères d'inter-variabilité et minimisation des critères d'intra-variabilité.....	53
3.2.3. Distorsion de la mémoire.....	55
3.2.4. Conclusion partielle.....	57
3.3. TÉMOIGNAGES: GÉNÉRALITÉS.....	58
3.3.1. Témoignages examinés en conditions contrôlées.....	60
3.3.2. Relation confiance – exactitude.....	65
3.3.3. Témoignages erronés.....	70
3.4. TÉMOIGNAGES DANS LE CONTEXTE D'UN DÉCÈS.....	72
3.4.1. Spécificités.....	72
3.4.2. La reconnaissance positive erronée.....	74
3.4.3. La reconnaissance négative erronée.....	77
3.5. PROCÉDURE PROPOSÉE.....	79
3.5.1. L'examen externe préliminaire.....	80
3.5.2. L'entretien avec le témoin.....	81

3.5.3. La présentation du corps.....	87
3.5.4. Le procès-verbal de présentation.....	88
4. CONCEPTS GÉNÉRAUX.....	91
4.1. CONTEXTE GÉNÉRAL EN SCIENCE FORENSIQUE.....	91
4.1.1. Les principes.....	92
4.1.2. Les processus.....	94
4.1.3. Divers.....	98
4.2. DISCUSSION.....	99
4.3. CONTEXTE DE L'IDENTIFICATION DES PERSONNES DÉCÉDÉES.....	104
4.3.1. Les principes.....	105
4.3.2. Les processus.....	106
4.3.3. Divers.....	111
4.4. PARENTÉS DES PROCESSUS D'IDENTIFICATION ET DE RECONNAISSANCE.....	113
4.5. IDENTIFIANTS.....	114
4.5.1. Données médicales.....	115
4.4.2. Autres identifiants.....	122
5. LES EMPREINTES DIGITALES ET PALMAIRES.....	131
5.1. INTRODUCTION.....	131
5.2. INTRA-VARIABILITÉ DES EMPREINTES DIGITALES.....	134
5.3. INTER-VARIABILITÉ DES EMPREINTES DIGITALES.....	135
5.4. MODIFICATIONS PM.....	139
5.4.1. Les empreintes digitales décomposées.....	142
5.4.2. Les empreintes digitales exposées à un milieu humide.....	143
5.4.3. Les empreintes digitales sèches et momifiées.....	144
5.4.4. Les empreintes digitales brûlées.....	145
5.5. RÉFÉRENTIELS DE DONNÉES DACTYLOSCOPIQUES.....	146
5.6. COMPARAISONS AM-PM.....	149
5.6.1. Validité scientifique des comparaisons d'empreintes digitales.....	152
5.6.2. Les effets de contexte.....	157
6. LES DENTS.....	163
6.1. INTRODUCTION.....	163
6.1.1. Nomenclatures.....	165
6.1.2. Profiling dentaire PM.....	166
6.1.3. Identification comparative.....	170
6.2. INTRA-VARIABILITÉ DES DENTS.....	172
6.2.1. Intra-variabilité naturelle.....	172

6.2.2. Intra-variabilité accidentelle.....	173
6.2.3. Conclusion partielle.....	176
6.3. INTER-VARIABILITÉ DES DENTS.....	176
6.3.1. Données non radiographiques.....	178
6.3.2. Données radiographiques.....	189
6.3.3. Conclusion partielle.....	195
6.4. MODIFICATIONS PM.....	196
6.5. RÉFÉRENTIELS DE DONNÉES DENTAIRES.....	196
6.6. COMPARAISONS AM-PM.....	200
6.6.1. Différences exclusives – non exclusives.....	201
6.6.2. Procédure de comparaison – données radiographiques.....	201
6.6.3. Validité scientifique des comparaisons AM-PM – données radiographiques.....	204
6.6.4. Sources d'erreurs.....	208
6.6.5. Conclusion partielle.....	211
6.7. PROGRAMMES INFORMATIQUES ET IDENTIFICATIONS DENTAIRES.....	212
6.7.1. Données non radiographiques.....	212
6.7.2. Données radiographiques.....	213
6.7.3. Conclusion partielle.....	214
6.8. SYSTÈMES D'IDENTIFICATION AUTONOMES.....	215
7. L'ADN.....	217
7.1. INTRODUCTION.....	217
7.2. INTRA-VARIABILITÉ DE L'ADN.....	222
7.3. INTER-VARIABILITÉ DE L'ADN.....	224
7.4. MODIFICATIONS PM.....	226
7.5. RÉFÉRENTIELS DE DONNÉES GÉNÉTIQUES.....	228
7.5.1. Référentiels d'identifiants directs.....	229
7.5.2. Référentiels d'identifiants indirects.....	238
7.6. COMPARAISONS AM-PM.....	240
7.6.1. Comparaisons avec un identifiant direct.....	240
7.6.2. Comparaisons avec un identifiant indirect.....	241
7.7. L'ADN MITOCHONDRIAL (ADNmt).....	246
7.8. LE CHROMOSOME Y (StrY).....	250
8. MODÉLISATIONS BAYESIENNES.....	251
8.1. INTRODUCTION.....	251
8.2. RECONNAISSANCE.....	259
8.2.1. Variables retenues.....	260
8.2.2. Modélisation proposée.....	263

8.3. EMPREINTES DIGITALES ET PALMAIRES.....	264
8.3.1. Variables retenues.....	265
8.3.2. Modélisation proposée.....	267
8.4. DONNÉES DENTAIRES.....	268
8.4.1. Concept de validité.....	269
8.4.2. Variables retenues.....	274
8.4.3. Modélisation proposée.....	280
8.4.4. Discussion sur les fréquences.....	281
8.4.5. Effets de la validité.....	282
8.4.6. Détermination des fréquences de données non radiographiques.....	286
8.4.7. Détermination des fréquences de données radiographiques.....	289
8.5. ADN.....	292
8.5.1. Identifiant direct – variables retenues.....	294
8.5.2. Identifiant direct – modélisation proposée.....	297
8.5.3. Identifiant indirect – variables retenues.....	297
8.5.4. Identifiant indirect – modélisation proposée.....	302
8.6. RAPPORT DE VRAISEMBLANCE GLOBAL.....	303
8.7. THÉORIE DE LA PRISE DE DÉCISION.....	307
9. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	313
9.1. MODÈLE ET OUTIL DE GESTION DES DONNÉES.....	314
9.2. NIVEAU DE PRÉCISION ET NOMBRE D'INFORMATIONS.....	315
9.3. GESTION DE RÉSULTATS CONTRADICTOIRES.....	316
9.4. IMPORTANCE DU CONTEXTE SPÉCIFIQUE ET NATURE DU RISQUE.....	319
10. CONCLUSION.....	321
ÉPILOGUE.....	325
BIBLIOGRAPHIE.....	327
ANNEXES.....	347
Présentations de personnes décédées: résultats empiriques.....	347
Formulaire de présentation d'un corps.....	348
Nomenclatures dentaires.....	349
Carte du dépistage néonatal (test de Guthrie).....	350
Formulaire de prélèvement ADN à des fins d'identification.....	351
Formulaire de désignation d'un identifiant indirect.....	352
Individualisation d'une personne décédée: étapes chronologiques.....	353

GLOSSAIRE GÉNÉRAL

ADIS	<i>Automated Dental Identification System.</i> Système automatisé de comparaison de radiographies dentaires.
ADN	Acide désoxyribonucléique.
ADNmt	Acide désoxyribonucléique mitochondrial.
AFIS	<i>Automatic Fingerprint Identification System.</i> Système automatisé de comparaison d'empreintes digitales et palmaires. Par extension, représente une banque de données informatisée d'empreintes digitales et palmaires.
AM	Ante-mortem. Qualificatif d'une période qui s'étend de la naissance à la mort. À mettre en rapport avec son complémentaire: "post-mortem" (PM).
bp	Paires de bases. C'est une unité de longueur de l'ADN.
CAPMI	<i>Computer-Assisted Postmortem Identification System.</i> Programme informatique de traitement de données dentaires non radiographiques.
CODIS	<i>Combined DNA Index System.</i> Système automatisé de comparaison de profils d'ADN. Par extension, représente une banque de données informatisée de profils génétiques.
Identifiant	Donnée personnelle permettant de lier un individu à une identité.
Lien direct	Lien permettant de relier de façon directe une trace ou un identifiant à une personne.
Lien indirect	Lien permettant de relier de façon indirecte une trace ou un identifiant à une personne.
NHANES III	<i>Third National Health and Nutrition Examination Survey.</i> Banque de données dentaires non radiographiques.
OdontoSearch	Interface de recherche de caractéristiques dentaires non radiographiques. http://www.jpac.pacom.mil/CIL/entry.htm
PCN	<i>Process Control Number.</i> Numéro de contrôle de processus.
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction.</i> Technique génétique permettant de multiplier par deux, à chaque cycle, les fragments d'ADN disponibles.
PM	Post-mortem. Qualificatif d'une période qui commence dès la

	mort. À mettre en rapport avec son complémentaire: "ante-mortem" (AM).
Référentiel	Environnement général d'un identifiant. Le référentiel apporte des renseignements sur la nature du support de l'identifiant et sur sa provenance.
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> . Système émetteur permettant de transmettre des informations attribuées à une identité.
Sélectivité	Dans le cadre de ce travail, le terme de sélectivité apparaîtra dans deux contextes différents. Le premier est celui du processus de réduction. La sélectivité y exprime la capacité à réduire progressivement le nombre d'objets dans un ensemble donné. Le second est celui de l'évaluation des résultats de tests empiriques. La sélectivité y exprime la capacité à détecter les exclusions correctes.
Source	Personne ou objet ayant produit une trace ou une donnée personnelle.
Spécialiste	Celui qui est chargé des investigations scientifiques.
SSO	Société Suisse d'Odonto-stomatologie.
StrY	Chromosome Y.
STRs	<i>Short Tandem Repeats</i> . Séquences répétitives constituées de la répétition d'un petit groupe de nucléotides. Lorsque la taille des fragments d'ADN est très petite, on parle de mini-STRs.
Témoin	Personne appelée à se déterminer sur l'identité civile d'une personne défunte.
TSCOHS	<i>Tri-Service Comprehensive Oral Health Survey</i> . Banque de données dentaires non radiographiques.

GLOSSAIRE POUR LES MODÉLISATIONS BAYESIENNES

<i>Cc</i>	Contrôle de l'identité civile de l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>Cf</i>	Contrôle de l'identité civile du père de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>cgt</i>	Génotype de l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée.

<i>Cm</i>	Contrôle de l'identité civile de la mère de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>cmg</i>	Gènes maternels de l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>cpg</i>	Gènes paternels de l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>fgt</i>	Génotype du père de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>fmg</i>	Gènes maternels du père de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>fpg</i>	Gènes paternels du père de la personne dont l'identité civile est supposée.
LR	<i>Likelihood ratio</i> . Rapport de vraisemblance.
<i>mgt</i>	Génotype de la mère de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>mmg</i>	Gènes maternels de la mère de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>mpg</i>	Gènes paternels de la mère de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>s-sexe</i>	Sexe de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>sgt</i>	Génotype de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>smg</i>	Gènes maternels de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>spg</i>	Gènes paternels de la personne dont l'identité civile est supposée.
<i>tgt</i>	Génotype de la trace.
<i>tmg</i>	Gènes maternels de la trace.
<i>tpg</i>	Gènes paternels de la trace.
<i>ygt</i>	Génotype de la personne décédée.
<i>ymg</i>	Gènes maternels de la personne décédée.
<i>ypg</i>	Gènes paternels de la personne décédée.

Prologue

Le physicien allemand Max Planck, père des quanta, aimait à disserter sur les phénomènes étranges qu'on peut observer entre les hommes et les trains. Il racontait que lorsque les gares de chemin de fer se remplissent d'êtres humains sur les quais, un train finit toujours par arriver, quelle que soit la région du globe. Cette observation lui laissait supposer qu'il existe une force, universelle car indépendante des lieux, qui attire les trains vers les hommes. En analysant d'un peu plus près ce phénomène, il faisait remarquer que cette force peut présenter des aspects aléatoires. Dans certains cas, une foule imposante amassée sur les quais peut ne pas suffire à stopper un train. Alors qu'en d'autres circonstances, un seul homme est capable d'exercer une attraction suffisante pour arrêter un long convoi.

Cette façon de considérer le réel avec le regard que pourrait avoir un observateur d'une autre planète est séduisante. Elle force à écarter les idées préconçues, admises sans esprit critique. S'il se garde de formuler des conclusions incorrectes, l'observateur est dans un décor idéal pour tester les limites de la véritable objectivité, si chère aux scientifiques de tout domaine.

Imaginons une observation comparable après une catastrophe de masse ayant causé de nombreuses victimes. Des familles accourent sur les lieux pour tenter de retrouver leurs proches. Cette attitude semble universelle. Il serait également possible de découvrir des aspects plus aléatoires: une seule personne, arrivée bien après les autres, peut disposer de suite d'un ou de plusieurs corps, alors que d'autres, pourtant arrivées rapidement sur les lieux, sont contraintes de repartir les mains vides malgré la disponibilité de nombreux corps. Si pour l'observation des trains en gare la clé du mystère réside en partie dans un plan horaire, existe-t-il un document comparable pour expliquer les règles de restitution de personnes décédées à leurs proches ?

Chapitre 1

INTRODUCTION

1.1. De la nécessité de redonner son nom à une personne décédée

La nécessité de redonner son nom à une personne décédée trouve des justifications dans différents domaines. Sur le plan humain, disposer du corps d'un proche décédé est nécessaire pour entreprendre un processus de deuil. Bien que la place de la mort ait changé au fil des ans dans la société, cet aspect reste toujours essentiel. D'autres domaines exigent, de façon indirecte, l'établissement de l'identité d'une personne décédée. Il s'agit par exemple des domaines civils (dans plusieurs religions, sans annonce officielle du décès d'un(e) précédent(e) conjoint(e), un remariage n'est pas autorisé), financiers (versements de prestations de survivant, de contrats d'assurance, règlements de successions) et pénaux (l'identité d'une victime décédée joue un rôle important dans l'orientation d'une enquête judiciaire, voire dans l'appréciation pénale des faits) [Pretty et Sweet, 2001] [Knut et al., 2007].

Les sous-chapitres suivants présentent les arguments principaux de ces justifications et indiquent en quoi le contexte des processus de reconnaissance et d'identification diffère par rapport à ceux des affaires pénales habituelles.

L'importance du rite

Quand Antigone, la fille du roi de Thèbes, revient dans sa ville après avoir veillé sur son père à qui l'on avait crevé les yeux en le chassant, elle découvre que ses deux frères, Étéocle et Polynice, se disputent le pouvoir. Polynice n'hésite pas à engager une armée étrangère pour assiéger la ville, mais les deux frères décèdent et c'est leur oncle, Créon, qui prend le pouvoir. Ce dernier ordonne des funérailles solennelles pour Étéocle, mais prive Polynice de sépulture car ce dernier a osé porter les armes contre sa patrie avec, de surcroît, le concours d'étrangers. Antigone, qui considère comme sacré le devoir d'ensevelir les morts, se rend secrètement auprès du corps de son frère et verse sur lui quelques poignées de terre.

Lorsque Créon apprend cela, il condamne Antigone à mort en l'enfermant dans une grotte où elle se pendra.

Si quelqu'un doit être désigné pour incarner le besoin universel d'offrir un dernier rituel aux proches défunts, ce doit être Antigone. Au-delà de la mythologie grecque, elle représente le mythe fondateur des rites funèbres.

Selon Antoine de Saint-Exupéry¹, les rites sont dans le temps ce que la demeure est dans l'espace. Régés au travers de pratiques collectives transmises, ils ont un caractère symbolique. Ils marquent les passages d'un état vers un autre, dont celui de la vie vers la mort. C'est au moment où l'apparence d'un corps inanimé devient de moins en moins humaine que les rites et les croyances le projettent dans un monde de spiritualité. Ainsi « *ce mort qui n'est plus humain, devient plus qu'humain* »². Les rites de deuil sont des rites de séparation. Donner un adieu définitif à un proche est difficile. D'où la nécessité d'une culture mortuaire. [Hirsch, 2004] relève que les rites ont pour fonction de canaliser, d'endiguer les angoisses provoquées par la séparation et la mort pour les rendre un peu plus supportables. Pour les proches en deuil, la certitude qu'ils ne peuvent désormais plus rien pour l'être cher qui les a quittés est une source de chagrin. D'où l'importance des derniers gestes adressés au défunt.

Un véritable rite n'est envisageable qu'en présence de la personne décédée et qu'avec la certitude de son identité. Cette personne est l'élément essentiel du rite. Sans elle, l'entrée dans le processus du deuil est entravée. Ce besoin est légitime, mais traduit aussi l'importance du visuel dans les sociétés, en Occident en particulier. Le visuel est capital, vital, essentiel. Sans voir le corps, sans s'assurer de sa présence, comment s'engager vers son absence ? « *En fait, nous sommes éduqués*

1 Saint-Exupéry, A., « La Citadelle », Éditions Gallimard, Paris, France, 2000.

2 Expression du sociologue Bernard Crettaz relevée lors d'un entretien avec lui (avril 2007).

dans la croyance que rien n'est réel au-delà de ce que nous percevons directement au moyen de nos sens ordinaires » [Sogyal, 2003](pp.87). Sans voir, la mort peut être niée, ce qui ne fait qu'accentuer la crainte qu'elle inspire. Cet aspect est l'élément central des souffrances qu'endurent ceux dont un proche est porté disparu. Même si l'hypothèse de la mort est formulée, cela n'efface jamais de façon définitive l'espoir que la personne dont ils sont sans nouvelle est vivante. L'absence est la même qu'après un décès, mais le processus de deuil ne peut pas être engagé.

De la personne connue, le corps est ce qu'il reste (d'où l'expression « les restes »). Se rendre auprès du corps, réaliser que la mort a vraiment eu lieu constituent des étapes essentielles. Ainsi, le fait de pouvoir disposer du corps est indispensable pour que les vivants puissent assumer ces gestes rituels qui intronisent le mort dans son entité nouvelle. Et ce sont pour les vivants que ces gestes sont essentiels. Le fait de voir permet en premier lieu la procédure d'adieu, puis la procédure de deuil. Dire adieu sans voir le corps est un acte souvent ressenti comme incomplet.

Exemple 1 :

Juin 1999: lors des investigations du Tribunal pénal international pour l'ex-Yougoslavie (ICTY), des enquêteurs sont conduits à Suvi Do, un petit hameau situé à quelque 20 kilomètres au sud-ouest de Pristina. La présence d'un charnier a été annoncée par les autorités locales.

Arrivés sur place, les enquêteurs constatent diverses fosses creusées à faible profondeur, mais ne découvrent aucun corps.

Contactés, les villageois annoncent qu'ils ont procédé eux-mêmes aux exhumations et aux reconnaissances de leurs proches. Ils les ont ensuite enterrés dans le cimetière local à quelques mètres des fosses.

Cet exemple illustre le besoin, pour les survivants, de procéder à ces gestes rituels. Les corps n'ont été déplacés que de quelques mètres, mais ils ont été « libérés » du joug de leurs assassins.

Place de la mort dans la société

Jusqu'au XX^e siècle, l'esprit de communauté a constamment régi le monde traditionnel et en particulier l'accompagnement des personnes en deuil. Comme le relève [Crettaz, 2003], durant de nombreux siècles, la notion de groupe primait sur celle d'individu, notamment au travers d'une religion populaire d'origine païenne dont les rites étaient bien connus. Dès que le prêtre donnait l'extrême onction, la mort était annoncée à la communauté par une sonnerie particulière (l'agonie), la

toilette mortuaire réalisée, le cercueil confectionné par un menuisier local, la maison du défunt mise en deuil, la fosse creusée, la veillée funèbre préparée et le repas d'enterrement planifié dans ses moindres détails, souvent avec des mets réservés à cet effet. Cette religion populaire était accompagnée, en parallèle, d'une religion d'institution chrétienne, comprenant la cérémonie religieuse à l'église, une procession et des messes successives en mémoire du défunt. L'ensemble de ces rites plaçait les proches du défunt au cœur de la communauté, ce qui rendait la période du deuil intense en relations humaines.

Puis le XX^e siècle est arrivé, en véhiculant l'idée de la suprématie de l'individu. Au rythme des progrès de la science et des technologies innovatrices, la mobilité des individus a augmenté avec, en parallèle, une sorte de croyance en la toute puissance de la médecine. Progressivement, la notion du "je" a remplacé celle du "nous". Certes, la modernité a permis une amélioration des conditions de vie, mais elle n'a pas apporté de réponses nouvelles aux profondes modifications existentielles qu'elle a provoquées. La mort s'est tantôt banalisée (les cadavres sont omniprésents, aux heures des repas, dans des séries télévisées consacrées à des investigations scientifiques et médicales), tantôt marginalisée, voire occultée (suite aux attentats contre les tours du *World Trade Center* en 2001, très rares ont été les corps sans vie montrés dans les médias). Malgré d'importants travaux philosophiques sur l'être et la mort, le siècle passé a livré son lot de guerres, de tragédies et de massacres. Et l'individu est de plus en plus isolé pour affronter sa condition. Même si quelques changements sont apparus ces dernières années au niveau de l'accompagnement des personnes en fin de vie et des attitudes plus générales envers la mort, la plupart des corps sans vie continuent de sortir des maisons pour rejoindre des lieux d'accueil réglementés, aseptisés, anonymes et froids.

Le philosophe et sociologue Zygmunt Bauman compare cette nouvelle structure de société à l'état liquide: la société s'allège, suit des mouvements constants, fait glisser ou exploser les frontières traditionnelles. En un mot, elle se fluidifie. Les grands systèmes économiques, politiques et organisationnels des siècles passés cèdent du terrain à des initiatives individuelles et privées qui contribuent à créer une « modernité liquide », tout en générant des risques jusque-là inconnus ou inattendus [Bauman, 2000]. La crise financière de 2008 en est un exemple représentatif. Pour Bauman, les relations sociales contemporaines se focalisent sur la connectivité, tandis que les relations humaines se détériorent. La « modernité liquide » génère des incertitudes dans les sphères individuelles, familiales et sociales. Dans ce contexte, le corps devient précieux car il est un élément de premier ordre qui permet de livrer des informations pour préserver ou prouver son identité. Mais si cette fluidité est un avantage pour transmettre des informations, les stocker

et les traiter, elle pose aussi le problème du respect de la vie privée. La collecte de données personnelles sur de longues périodes, leur possible échange entre des institutions publiques et privées conduisent à des interrogations et à des sources d'inquiétude (atteintes aux droits privés, à l'anonymat, aux libertés individuelles, voire à la dignité). [Cabal, 2003], dans son rapport à l'Assemblée Nationale française sur les méthodes scientifiques d'identification des personnes et sur l'utilisation de moyens biométriques, relève que le cadre juridique n'est pas suffisant dans ce domaine. Mais cet aspect ne sera pas abordé dans ce travail.

Dans cette société caractérisée par la fluidité, la violence et la globalisation, des acteurs nouveaux ont émergé, notamment des organisations terroristes, amenant les États à vouloir identifier chaque individu en lui assignant une identité fixe, inaltérable et universellement exploitable. Les attentats du 11 septembre 2001 ont transformé cette préoccupation en un problème majeur et omniprésent de sécurité. Ainsi, la lutte contre le terrorisme est devenue, depuis quelques années, un leitmotiv pour introduire des données biométriques dans les documents d'identité et pour automatiser les contrôles d'identité aux frontières ou dans les aéroports. À ce sujet, il est intéressant de relever que de nombreux terroristes (dont ceux liés à Al-Qaida) n'ont pas cherché à cacher ou à modifier leur identité. Au contraire, il semble qu'ils aient voulu que leur identité soit connue après leur mort (besoin de reconnaissance *a posteriori*) [Ceyhan, 2006]. Cet argument de lutte contre le terrorisme avait déjà été avancé dans les années 1970 en Europe centrale suite à divers attentats, avant de faire place, dans les années 1980, à celui de la lutte contre l'immigration clandestine.

Personnes portées disparues – personnes décédées non identifiées

La nécessité d'identifier des personnes décédées trouve aussi une justification dans la gestion du nombre de personnes portées disparues. Les personnes décédées non identifiées et les personnes portées disparues constituent deux catégories de personnes liées. En règle générale, il est raisonnable de considérer qu'une personne décédée non identifiée doit être portée disparue dans son cadre familial, professionnel, ou dans son cadre social élargi. Lorsque cette disparition est annoncée aux services de police, l'enregistrement de cette information sera conservé aussi longtemps que la personne n'a pas été retrouvée et identifiée.

[Paulozzi et al., 2008] ont publié une des rares recherches épidémiologiques consacrées à la problématique des personnes décédées non identifiées. Pour traiter ce sujet, ils ont rencontré plusieurs obstacles: la difficulté d'extraire des données re-

latives à des inconnu(e)s dans des banques de données, l'hétérogénéité des traitements de telles affaires selon les régions et le faible nombre de cas en valeur absolue. Malgré tout, les auteurs précités ont examiné les paramètres statistiques, géographiques, démographiques et saisonniers des personnes décédées non identifiées aux États-Unis entre 1979 et 2004. Ils ont considéré qu'une personne décédée était inconnue si son identité ou son numéro de sécurité sociale était absent du certificat de décès. Les auteurs ont dénombré 184 expressions pour désigner une personne non identifiée, telles que « enfant », « adulte », « femme », « squelette », « Jane Doe » ou « John Doe »³. Pour la période des 26 années examinées, ils ont dénombré 10'748 personnes décédées non identifiées, soit une moyenne annuelle de 413 cas. Les taux annuels pour 10 millions d'habitants oscillent entre 28,5 et 9,7. La majorité sont des hommes (82,7%) au sein desquels les Noirs sont deux fois plus nombreux que les Blancs. Les zones les plus touchées sont les villes et les cibles les plus vulnérables les sans-abri. L'arrivée des techniques d'identification par la génétique et la création de banques de données informatisées (empreintes digitales, ADN⁴) semblent expliquer la diminution du nombre de cas au fil des ans.

En Suisse, les taux par habitant de personnes décédées non identifiées et de personnes portées disparues ne sont pas établis avec précision. Au 01.07.2009, la banque de données suisse CODIS contenait les profils d'ADN de 171 personnes décédées non identifiées et de 147 personnes portées disparues (enregistrements réalisés depuis le 01.01.2005 mais pouvant concerner des personnes décédées ou portées disparues depuis plusieurs années). Concernant uniquement les personnes portées disparues, une autre estimation peut être faite. Depuis septembre 2007, une banque de données a été créée dans le but de centraliser les données relatives aux personnes portées disparues. Baptisée « *Ante-Mortem* », elle est accessible sur le web avec des droits d'accès contrôlés et spécifiques pour la consultation, la recherche et la création de nouveaux cas [Gremaud, 2007]. Avec cet outil, chaque canton a la possibilité d'introduire les données concernant les personnes portées disparues dans sa région. Début 2009, cette banque contenait les données de 88 personnes pour des cas de disparitions couvrant la période de 1959 à 2008. Cette valeur ne représente qu'une partie du nombre réel des personnes portées disparues.

3 *Jane Doe* et *John Doe* sont les prénoms et noms attribués pour désigner des identités inconnues. En français, leurs équivalents peuvent être Madame et Monsieur X, ou Madame et Monsieur « Untel ». Dans leur étude, [Paulozzi et al., 2008] ont constaté que ces deux expressions pouvaient concerner des personnes réelles. Dans ces cas-là, des numéros de sécurité sociale existaient.

4 Les abréviations indiquées sans leur signification sont présentées dans les glossaires, en début de document.

D'une part, tous les cantons n'ont pas adopté cette plate-forme d'échange. D'autre part, certains cantons n'y ont inscrit que leurs cas les plus récents. Pour des disparitions survenues dans les cinq dernières années, soit 2004-2008, les nombres de dossiers inscrits dans la banque de données sont respectivement de 7, 9, 7, 8 et 5. En acceptant l'hypothèse que les services de police sont désormais plus systématiques dans l'établissement de dossiers récents, ces valeurs indicatives – concernant deux tiers des cantons – permettent d'estimer, par extrapolation, entre 7 et 13 le nombre de personnes portées disparues en Suisse chaque année.

Aspects judiciaires et juridiques

La nécessité d'établir l'identité civile d'une personne décédée apparaît aussi dans les contextes d'affaires criminelles. De l'identité d'une victime défunte dépend l'orientation d'une enquête (dont la recherche d'auteurs et la formulation de mobiles par exemple). Dans une affaire judiciaire, le fait de ne pas connaître l'identité d'une victime constitue une lourde entrave.

Sur le plan juridique, les crimes peuvent se définir par un élément objectif, l'acte prohibé en lui-même (*actus reus*) et un élément mental permettant d'évaluer l'intention de commettre cet acte (*mens rea*). Et pour certains crimes (infanticides, parricides, matricides par exemple), l'identité des victimes intervient dans des appréciations pénales, notamment dans la fixation de la peine. Pour les crimes de génocide, des éléments touchent aussi de façon directe ou indirecte à l'identité des victimes. Selon les articles II et III de la Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide des Nations Unies⁵, le crime de génocide implique que le crime ait été commis avec l'intention de détruire, ou tout ou en partie, un groupe spécifique de personnes définies selon leur nationalité, leur ethnie, leur race ou leur religion. Or, pour déterminer si une victime appartient à l'un, au moins, de ces quatre groupes, il conviendrait de savoir qui est la victime, donc de l'identifier.

Dans ce contexte, il serait tentant de distinguer des caractéristiques de classe pour l'identité de groupe et un processus d'identification pour l'identité personnelle. Mais une telle approche serait inappropriée car trop réductrice. En effet, si un groupe racial peut se définir par des caractéristiques physiques faciles à distinguer par des agresseurs, un groupe religieux se définit par des croyances, des doctrines, des pratiques ou des rituels, autant de caractéristiques qui ne sont pas évidentes à détecter de suite. De plus, la façon dont un individu se sent porteur d'une identité

5 Approuvée et soumise à la signature et à la ratification ou à l'adhésion par l'Assemblée générale des Nations unies dans sa résolution 260 A (III) du 9 décembre 1948.

de groupe peut ne pas coïncider avec la façon dont il est perçu par la société, ou par des agresseurs. Sans compter que des agresseurs peuvent appliquer des critères arbitraires pour désigner les groupes auxquels ils s'attaquent. Le cas du Darfour illustre cette difficulté à définir un groupe spécifique. Depuis 2003, un cycle de violence dans cette région du Soudan a fait des dizaines de milliers de morts et engendré plus de deux millions de réfugiés. Si de nombreux analystes ont simplifié la situation en considérant qu'il s'agissait d'un conflit entre Africains et Arabes, l'observation sur le terrain montre un niveau de complexité beaucoup plus élevé. Les agresseurs et les agressés sont représentés dans la plupart des groupes ethniques ou tribaux présents et la distinction la plus fiable semblerait être celle qui distingue les individus selon leurs stratégies de subsistance [Komar, 2008].

En soi, ce n'est qu'après avoir identifié la victime comme étant Monsieur A. que les éléments de l'enquête peuvent permettre d'attester que Monsieur A. était bosniaque et musulman, par exemple. Si Monsieur B. est découvert dans une fosse commune où se trouvent des Bosniaques musulmans, cela ne fait pas, *a priori*, de Monsieur B. un Bosniaque musulman. Cette constatation conduit les tribunaux pénaux internationaux⁶ à recourir de façon fréquente à une identité de groupe présumée plutôt qu'établie par identifications individuelles des victimes. À noter que dans les cas de génocides, le matériel de comparaison nécessaire aux identifications n'est pas toujours disponible (matériel partiel, détruit, voire jamais constitué). Cette attitude des tribunaux se justifie aussi par la volonté de retenir, pour le génocide, l'identité de groupe perçue par les agresseurs tout en ayant conscience des erreurs que cela peut induire. Par exemple, en Bosnie, dans des charniers censés ne contenir que des Bosniaques musulmans, des Serbes ont été découverts. Dans ces cas, le tribunal pénal international doit évaluer s'il s'agit d'une erreur sur le groupe identitaire (erreur des agresseurs), s'il y a eu erreur d'identification (erreur des enquêteurs lors des processus d'identification) ou si la présence de tels corps peut avoir d'autres raisons (agresseurs tués par les siens ou décédés sans lien avec les crimes perpétrés) [Komar, 2008].

Déterminer l'identité des victimes est ainsi un élément particulier des crimes de génocide. Même si les aspects juridiques ne retiennent parfois que les aspects nationaux, ethniques, raciaux ou religieux présumés à des groupes de victimes, les spécialistes forensiques ont la charge d'apporter des éléments identitaires individuels permettant de confirmer ou d'infirmer l'appartenance d'une victime à de tels groupes.

6 À ce jour, trois tribunaux pénaux internationaux ont été créés: celui pour le Rwanda, celui pour l'ex-Yougoslavie et celui pour l'Irak. En certaines circonstances, un Tribunal spécial peut être constitué, comme cela a été le cas en mars 2009 pour le Liban.

Le contexte spécifique de la détermination d'identités des personnes décédées

Lors de la découverte d'un corps, les bases légales imposent qu'un médecin procède au constat de décès. L'examen des signes de mort et l'établissement d'un certificat de décès sont du ressort de la médecine. En règle générale, ces exigences figurent de façon claire et explicite dans des lois, des ordonnances et des règlements relatifs à la constatation des décès. Par contre, en ce qui concerne l'identité de la personne décédée, les exigences sont beaucoup plus vagues, voire inexistantes. Les textes législatifs citent la personne décédée, sa famille, donnent des directives sur les entreprises habilitées au transport du corps, sur l'inhumation, l'incinération ou le prélèvement d'organes sans détailler la façon dont l'identité du défunt est à établir. Or, dès leurs premières interventions, les médecins comme les policiers se trouvent face à une personne dont l'identité est à déterminer. Certaines lois mentionnent des moyens d'identification, mais sans détermination quant à la responsabilité engagée par la désignation d'une identité. C'est le cas de l'article 6 de la loi fédérale sur l'utilisation des profils d'ADN qui prévoit la possibilité de comparer des profils d'ADN pour identifier une personne décédée. Cet article fixe très bien le cadre spécifique dans lequel s'inscrit l'identification d'une personne décédée en tant que telle, soit « ... *en dehors d'une procédure pénale* » [Loi sur les profils d'ADN, 2003](art. 6). Certes, le besoin d'identifier des personnes est présent autant dans les affaires judiciaires habituelles que dans les cas de personnes décédées. C'est pourquoi les méthodes engagées sont communes. Mais une différence de taille apparaît au sein des deux domaines: l'intervention de la justice. Dans les affaires judiciaires courantes, les enquêteurs et les spécialistes scientifiques cherchent à établir des faits et à vérifier des hypothèses. Lorsqu'une personne est identifiée au terme de leurs investigations, cette personne est déférée devant un magistrat, lequel se détermine sur le degré de responsabilité pénale par des débats contradictoires impliquant l'accusation et la défense. Deux phases apparaissent dans ce contexte: la première concerne l'identification de la personne (laquelle peut intervenir, réagir, se justifier) et la seconde l'évaluation de sa responsabilité pénale. Dans les cas de reconnaissance et d'identification de personnes décédées, seule la première phase existe. La responsabilité des témoins (en cas de reconnaissance) et des spécialistes (en cas d'identification) est la seule engagée. De plus, le décès a pour effet de supprimer toute interaction avec la personne à identifier.

En Suisse, dans les cas de décès, les magistrats s'en remettent aux identités annoncées sans interférer. Aux États-Unis et en Grande Bretagne, les coroners ont un regard plus attentif sur les procédures engagées [Gonzales et al., 2006], mais sans pour autant bouleverser les processus appliqués. Cet aspect particulier constitue une des spécificités de l'individualisation des personnes décédées.

Exemple 2 :

Au col du Grand-St-Bernard (VS), légèrement en amont de l'Hospice, se trouve un petit bâtiment en pierres naturelles. Il s'agit d'une morgue.

Dès les années 1600, les personnes découvertes sans vie sur la route du col y étaient déposées (durant l'hiver, les corps découverts trop loin de l'Hospice étaient entreposés dans des tumulus encore visibles aux abords de la route, à mi-chemin entre Bourg-St-Pierre et le col; ces tumulus ont été vidés et fermés en 2005 seulement).

En 1998, le nombre de corps ou de parties de corps placés dans la morgue au fil des ans concernait quelque 150 voyageurs. À cette date, les deux orifices de cette morgue ont été murés. Juste avant cette opération, des photographies ont été réalisées montrant la façon dont les corps, ou parties de corps, étaient entreposés. Ces corps y sont toujours présents.

La nécessité de redonner son nom à une personne décédée a aussi des limites. L'exemple 2 illustre une situation où il n'est plus justifié d'engager des procédures d'identification. En plus d'être complexes et onéreuses, les investigations n'apporteraient rien de déterminant aux descendants des personnes décédées. Sur un plan religieux, ces corps reposent dans un environnement noble empreint de pitié.

1.2. Objectif et hypothèse

Plusieurs moyens sont possibles pour déterminer l'identité d'une personne décédée. Pour chacun, il est possible de décrire un processus spécifique impliquant des modes de raisonnement ainsi que des modèles d'inférences. Dans la plupart des cas auxquels sont confrontés les services de police, un seul de ces moyens permet d'aboutir à une identité avec un degré de certitude suffisant pour éviter d'autres démarches. Par contre, un problème particulier se pose lorsque aucun de ces moyens n'est à même de déterminer une identité avec certitude. Cette difficulté n'est pas nouvelle. Elle apparaît aussi dans les affaires pénales, lorsque les preuves ne sont pas suffisantes pour identifier un auteur. Mais si un suspect peut être mis au bénéfice du doute dans une affaire pénale, il n'en va pas de même dans le domaine de l'identification des personnes décédées.

Objectif fondamental

Dans le cadre de cette problématique, l'objectif fondamental de ce travail est de présenter des processus pour déterminer valablement, avec une incertitude maîtrisée et en tenant compte de l'aspect décisionnel, les identités civiles de personnes décédées.

Hypothèse principale

Pour atteindre cet objectif, une hypothèse principale est formulée: celle de pouvoir exploiter, de façon complémentaire, les résultats issus de plusieurs processus différents.

Les processus en question, les plus courants dans la réalité, sont ceux impliquant:

1. le témoignage,
2. la comparaison d'empreintes digitales,
3. la comparaison de données dentaires,
4. la comparaison de profils d'ADN.

Une première étape consistera à examiner ces quatre processus, à présenter leurs principes fondamentaux d'individualisation, mais sans remettre en cause ces derniers, ni chercher à les modifier. Pour chacun de ces processus, l'intention omniprésente sera d'identifier ses spécificités et ses sources d'incertitude dans le cadre limité d'une application destinée à déterminer les identités civiles de personnes décédées.

Pour vérifier l'hypothèse principale, une seconde étape consistera à proposer des modélisations bayésiennes en vue d'une détermination globale.

À noter que l'objectif de ce travail rejoint celui d'une recommandation de l'Assemblée générale de l'Organisation internationale de police criminelle (ci-après Interpol). En effet, pour les cas de catastrophes, Interpol a réalisé un guide sur l'identification des victimes [Interpol, 1998]⁷. « *Son objectif est de contribuer à rendre plus efficace la gestion des catastrophes en général et les procédures d'identification des victimes en particulier. Il se propose d'encourager les pays à*

7 Désormais, une version actualisée et régulièrement mise à jour existe sur le web: <http://www.interpol.int/Public/DisasterVictim/Guide.asp> (dernière consultation le 25.04.2009).

rapprocher les procédures utilisées, ce qui est essentiel à une époque où les déplacements ne cessent de se multiplier à travers le monde. » [Interpol, 1998](Avant-propos). Parmi plusieurs recommandations, le guide invite à constituer des commissions d'identification. Cette recommandation a été élaborée, notamment, par Sören Keiser-Nielsen (1920-2004) qui a contribué à définir des standards internationaux en matière d'odontologie forensique. En 1963, ce Danois proposait d'attribuer la responsabilité des identifications à une commission constituée d'un officier de police, d'un expert médical et d'un expert dentiste [Keiser-Nielsen, 1963]. C'est précisément pour offrir un langage commun aux membres de cette commission que l'hypothèse principale est posée.

Les étapes de ce travail seront les suivantes:

- ◆ Un examen préliminaire du concept d'identité (chapitre 2).
- ◆ L'examen du processus de reconnaissance (chapitre 3).
- ◆ L'examen des concepts généraux applicables aux processus d'identification de personnes décédées (chapitre 4).
- ◆ L'examen des processus d'identification par comparaisons:
 - d'empreintes digitales et palmaires (chapitre 5),
 - de données dentaires (chapitre 6),
 - de données génétiques (chapitre 7).
- ◆ La présentation de modélisations bayésiennes issues des sources d'incertitude spécifiques aux différents processus examinés, modélisations devant aider à prendre une décision quant à la détermination de l'identité civile de la personne décédée (chapitre 8).

Chapitre 2

INDIVIDUALITÉ ET IDENTITÉS

Avant d'examiner des processus pouvant aboutir à une individualisation, ce chapitre est consacré à la façon dont une individualité peut se décliner en plusieurs identités.

2.1. Introduction

« Sans doute la raison la plus profonde de notre peur de la mort est-elle que nous ne savons pas qui nous sommes. Nous croyons en une identité personnelle, unique et distincte; pourtant, si nous avons le courage de l'examiner de près, nous nous apercevons que cette identité est entièrement dépendante d'une liste interminable de données, telles que notre nom, l'histoire de notre vie, nos compagnons, notre famille, notre foyer, notre travail, nos amis, nos cartes de crédit... C'est sur leur soutien fragile et éphémère que nous nous reposons pour assurer notre sécurité. Mais lorsque tout ceci nous sera enlevé, aurons-nous alors la moindre idée de qui nous sommes vraiment ? »

[Sogyal, 2003](pp.42)

Dès l'instant où les hommes se sont retrouvés dans des communautés dont la taille ne permettait plus la connaissance familière de chacun, dès l'instant où les échanges et les déplacements se sont multipliés, la nécessité de pouvoir distinguer les individus entre eux s'est accrue. En fait, dès qu'il y a regroupement humain, il y a un processus d'identification pour déterminer qui est qui, ou qui a le droit de faire partie du groupe. De façon parallèle aux échanges, c'est aussi la mise en place de

divers systèmes (monétaires, communautaires ou juridiques par exemple) qui a imposé le besoin de pouvoir définir des « ayants droit », donc d'imposer des exigences d'identification [Lapierre, 2006]. Dans ce contexte, lorsque les sociétés se libéralisent et que les droits sociaux se développent, apparaît la nécessité de vérifier l'identité des personnes auxquelles ces droits sont destinés.

En France, à partir du Moyen Âge, la reconnaissance visuelle devient insuffisante pour distinguer les personnes entre elles. Dès lors, de façon progressive, le visuel a été renforcé par un support matériel: les inscriptions officielles, par les curés, d'informations relatives aux naissances et aux morts dans des registres. En 1667, une ordonnance a transformé ces registres paroissiaux en véritables registres d'état civil attestant de l'enregistrement des identités (cet acte a été le fondement de la « personnalité juridique »). En Suisse, la loi fédérale sur l'état civil du 24 décembre 1874 (entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1876) imposera en la matière des prescriptions uniformes sur l'ensemble du territoire.

En 1670, le mot « passeport » apparaît pour la première fois dans un traité entre l'Angleterre et le Danemark. Ainsi, après les sauf-conduits et les lettres de marque qui émanaient de rois, le passeport devient un nouveau support matériel et personnel lié à l'identité. La Conférence de la Ligue des Nations, en 1922, reconnaîtra ce support matériel comme titre universel de voyage. Puis un autre support matériel individuel apparaîtra: la carte d'identité qui permettra d'établir la distinction entre citoyens et ressortissants étrangers (soit les prémisses d'une logique d'inclusion et d'exclusion) [Ceyhan, 2006]. Sous la Troisième République, ce moyen a aussi permis de reconnaître les criminels récidivistes et d'enregistrer des catégories considérées comme « à risque », telles que les nomades (bertillonnage). D'autres pays, comme l'Angleterre et les États-Unis, préféreront d'autres documents à la carte d'identité, soit le permis de conduire et le numéro de sécurité sociale.

Le souci des officines émettrices de passeports et de cartes d'identité a toujours été d'inscrire des informations facilitant l'identification du porteur. En 1921, le préfet de police Robert Leullier institue l'apposition des empreintes digitales sur la carte d'identité française, mais son initiative est critiquée par des citoyens qui se sentent traités en criminels. En 1974, cette pratique sera supprimée (désormais, en France, seule l'empreinte de l'index droit est conservée auprès de l'office émetteur; aucune empreinte n'apparaît sur la carte d'identité elle-même).

Ce bref survol historique montre que deux concepts sont apparus de façon quasi simultanée: celui de « personnalité » et celui « d'identité ». Ces deux concepts apportent des éclairages différents et complémentaires dans les processus visant à individualiser des personnes décédées.

La personnalité

En Suisse, sur le plan juridique, le Code civil n'aborde pas la notion d'identité, mais toujours celle de personnalité [CCS, 2010](art. 31). Cette notion est utilisée pour définir à qui s'appliquent les droits fondamentaux (droits intimement liés à la condition humaine tels le droit à la vie et à l'intégrité physique et psychique, la liberté de mouvement, le droit à l'autodétermination informationnelle, sexuelle etc.). Mais cette référence au droit civil ne constitue pas une référence absolue. C'est une référence limitée et formelle qui sert à définir, dans le temps, quand débute et quand finit la personnalité, de façon très générale (soit dès la naissance et jusqu'à la mort). Un développement de la délimitation du champ d'application des droits fondamentaux nécessiterait des investigations juridiques beaucoup plus poussées⁸.

Le Code civil suisse traite de diverses informations qui seront traitées plus tard en qualité d'identifiants. Il s'agit principalement des informations du livre premier (Droit des personnes), titre premier (Des personnes physiques) et chapitre premier (De la personnalité), informations relatives au nom de famille, à la parenté, à l'origine ou au domicile [CCS, 2010](art. 20-25). L'art. 33 (Moyens de preuve), puis le chapitre deux traitent, entre autres, des règles concernant les actes de l'état civil, soit les règles relatives aux inscriptions officielles des identifiants précités (art. 39-49). À noter que les règles du Code concernant les actes de l'état civil (y compris les lois spéciales relatives au nom, à la date de naissance, au numéro AVS, etc.) seront traitées dans le sous-chapitre 2.2.1. (L'identité civile) où il sera mentionné que le nom est l'élément clé d'une des formes d'identité retenue: l'identité civile.

Il convient de relever que la personne décédée bénéficie aussi d'un statut juridique. En effet, la liberté personnelle est un des aspects de la dignité humaine et elle ne se limite pas à la durée de vie d'un individu⁹. Et il est admis que le respect dû aux morts découle de la dignité humaine [Maurer, 1999]. Ainsi la personnalité juridique prend fin à la mort, mais la jurisprudence reconnaît qu'elle peut être prolongée, à certaines conditions, pour protéger la personnalité eu égard à sa dignité et au sentiment de piété de ses proches¹⁰. Le droit au respect de la vie privée comprend le droit de se déterminer sur le sort de son propre corps et de se prémunir contre toute atteinte à l'intégrité corporelle. C'est pourquoi chaque personne peut se déterminer à l'avance sur le sort de sa dépouille (possibilité de se prémunir contre

8 Concernant la doctrine en matière de droit fondamentaux qui s'inspire de la notion de « personnalité » du droit privé, se référer, par exemple, à MÜLLER, J.P., « Grundrechte in der Schweiz », 4^{ème} édition, Berne, 2008, p. 39.

9 Voir par exemple ATF 127 I 115, ATF 111 Ia 231, ATF 98 Ia 508.

10 L'arrêt le plus connu de cette jurisprudence est celui de la Cour constitutionnelles allemande BVerfGE 30, 173 (Mephisto).

un prélèvement d'organe ou une autopsie par exemple). De même, eu égard au respect de la dépouille, la famille peut faire valoir son objection à des prélèvements irrespectueux ou s'opposer à certaines mesures (une autopsie par exemple). Dans ces cas, il convient d'examiner les intérêts en jeu (la nécessité de connaître les causes de la mort et le droit au respect du corps de la personne décédée).

Le concept de personnalité définit ainsi des droits (aux personnes vivantes comme aux personnes décédées, sous certaines conditions) et intègre des informations qui s'avèreront précieuses dans la détermination de l'identité civile. Ainsi, au sens du Code civil suisse, le nom (élément clé d'une des formes d'identité qui sera retenue) et les droits qui lui sont liés découlent directement de ce concept de personnalité.

Le concept d'identité

L'identité peut être présentée comme un moyen visant à distinguer les individus entre eux. C'est une notion fréquente dans la vie courante. Mais même si cette notion intéresse autant les philosophes, les psychologues que les sociologues, sa définition ne s'impose pas de façon spontanée et synthétique. Selon les points de vue, elle fait référence à des caractéristiques personnelles ou relationnelles dont certaines sont socialement construites. Ces caractéristiques laissent entrevoir des informations permanentes (le groupe sanguin, les empreintes digitales par exemple) et des informations changeantes (l'âge, le domicile par exemple). C'est pourquoi l'identité n'est pas fixe, mais constamment en mouvement entre ce qui est permanent et ce qui est changeant [Ceyhan, 2006] [Desgens-Pasanau et Freyssinet, 2009]. Une approche basique pourrait partir de l'équation suivante: « une personne = une identité » [Jaquet-Chiffelle, 2006]. Mais cet auteur relève que les choses sont plus complexes, surtout depuis l'arrivée de nouvelles technologies qui ont fait apparaître des identités virtuelles dans un univers où les moyens de communication électroniques excluent les échanges *de visu*. Aujourd'hui, une personne peut avoir plusieurs identités (un titre professionnel, un pseudonyme sur un site du web par exemple) tout comme une identité simple peut correspondre à plusieurs personnes (plaques de voiture, cartes de crédit par exemple). L'auteur précité propose deux définitions de l'identité:

Définition 1: Une identité est un sous-ensemble d'attributs propres à une personne qui la caractérise de façon unique dans une communauté.

Définition 2: Un identifiant pour un individu, par rapport à une certaine communauté, est toute information qui caractérise de façon unique cet individu dans cette communauté. Une identité pour cet individu, selon un observateur, est tout identifiant pouvant être relié à cet individu par cet observateur.

Dans la seconde définition, la notion « d'identifiant » apparaît. Les identifiants sont des informations qui, mises en combinaison, jouent le rôle de facteurs de réduction d'une population. Il s'agit, par exemple, du nom de famille, du prénom, du numéro de sécurité sociale, des empreintes digitales ou du profil génétique. Selon cette dernière définition, l'identité d'un sujet, selon un observateur, est n'importe quel identifiant pouvant être relié, par cet observateur, à ce sujet.

Ainsi il apparaît que l'identité dépend tout à la fois des informations mises en relation et de l'observateur. Il s'avère qu'elle dépend aussi du temps, soit du moment où l'identité est déterminée (le titre de Président des États-Unis ne renvoie une identité que dans la mesure où une période est précisée). C'est pourquoi, du fait de sa dépendance à ces trois paramètres au moins (les informations mises en relation, l'observateur et le temps), **l'identité est relative**. C'est là une de ses caractéristiques essentielles.

Avec ces notions d'identité, d'identifiant et de lien, ces définitions posent déjà les bases du processus d'identification, processus qui sera repris plus en détail dans le chapitre 4 (Concepts généraux). Pour l'instant, et avant de poursuivre l'examen de la notion d'identité, il semble opportun d'observer les formes principales que prend l'identité dans la société.

2.2. Les identités

Exemple 3 :

En 1539, Martin Guerre épouse Bertrande de Rols dans le village d'Artigat (France). Vivant modestement, la famille s'agrandit quelques années plus tard avec l'arrivée d'un enfant. Puis Martin Guerre commet un larcin au préjudice de son père, événement qui le conduit à quitter le village pour se soustraire à la colère paternelle.

Huit ans plus tard, un homme se déclarant Martin Guerre est de retour au foyer de Bertrande. Lors des retrouvailles, tout le village est en émoi. Mais après quelque temps, cet homme engage des poursuites pénales contre ses proches pour mauvaise gestion de ses biens. Dès cet instant, des doutes apparaissent sur la réelle identité de celui qui est revenu. Le cordonnier du village, en particulier, est intrigué par le fait qu'il devait réaliser des sabots de douze points pour Martin Guerre avant sa longue absence, sabots qu'il ne doit désormais réaliser qu'à neuf points !

Après plusieurs procès et le retour du vrai Martin Guerre, l'usurpateur est démasqué. Il s'agit d'Arnaud du Tilh, qui sera pendu, puis brûlé le 16 septembre 1560.

Retracée dans les annales du Parlement de Toulouse¹¹, l'histoire de Martin Guerre et d'Arnauld du Tilh est un cas célèbre d'usurpation d'identité [Locard, 1932]. Elle montre la difficulté à prouver une identité lorsque des doutes apparaissent. Bien que jugé insuffisant, l'indice détecté par le cordonnier semblait pourtant pertinent. Toujours dans le domaine des caractéristiques morphologiques du pied, la chaussure de vair semble avoir été un attribut plus fiable aux mains du Prince Charmant pour identifier Cendrillon !

La première forme d'identité examinée sera celle qui est la plus courante au quotidien, soit l'identité civile (identité pouvant aussi être qualifiée de sociale).

2.2.1. L'identité civile

Lorsque Ulysse arriva en Sicile avec ses douze compagnons, il déclara à Polyphème, à qui il demandait l'hospitalité, que son nom était « Personne ». Le cyclope enferma les nouveaux arrivants et dévora la moitié d'entre eux.

Puis, après avoir été enivré du vin qui lui a été offert, Polyphème s'endormit paisiblement. C'est à ce moment qu'Ulysse et ses amis survivants plantèrent dans l'œil unique du Titan un pieu durci au feu. Alertés par les cris de douleur, les autres cyclopes accoururent et demandèrent à Polyphème qui en voulait à sa vie. La réponse fut: "*Personne !*".

Alors les gardiens s'en retournèrent, permettant ainsi à Ulysse et à ses compagnons de préparer leur fuite.

À travers les siècles, le nom de famille est devenu très tôt l'élément d'un système général de classification. Il constitue toujours une forme de témoignage de la lignée paternelle et, souvent, des origines régionales, ethniques et religieuses. De ce fait, le nom peut être considéré comme un des premiers moyens universels d'identification [Lapierre, 2006].

L'identité civile peut se définir, pour chaque individu, comme un sous-ensemble d'attributs constitué d'informations administratives. Certaines de ces informations sont inscrites dans des registres d'habitants, sur des pièces d'identité, sur des permis de conduire ou de façon plus succincte encore, dans des registres téléphoniques ou sur des boîtes aux lettres.

Les informations administratives les plus courantes sont les suivantes:

11 http://ledroitcriminel.free.fr/le_phenomene_criminel/crimes_et_proces_celebres/le_faux_martin_guerre.htm (dernière consultation le 27.04.2009).

- ◆ le nom de famille (en règle générale, la mère enfante et le père donne son nom, ce qui constitue, au niveau social, le premier « tiers » intervenant entre la mère et son enfant),
- ◆ le(s) prénom(s),
- ◆ le sexe,
- ◆ la filiation (du père: le nom et le prénom; de la mère: le nom d'alliance, le nom de naissance et le prénom),
- ◆ le lieu et la date de naissance,
- ◆ la commune d'origine,
- ◆ l'état civil (pouvant être complété avec les noms et prénoms du (de la) conjoint(e) et des enfants),
- ◆ la profession,
- ◆ l'adresse du domicile.

Deux éléments de cette liste méritent quelques remarques. En soi, le sexe est une information biologique, mais sa détermination, aisée, l'intègre dans les informations administratives. Quant à la filiation, elle est, par essence, biologique mais lorsqu'elle est décrite par l'identité civile des parents, elle revêt une forme administrative. En certaines circonstances, il ne peut rester que cet aspect administratif (en cas d'enfants illégitimes ou d'adoptions par exemple).

En règle générale, une identité civile est facile à déterminer. Elle ne nécessite pas d'examen sophistiqués ou de procédures complexes. Il suffit de se référer à la personne elle-même ou de consulter les instances ayant enregistré les informations administratives. À ce sujet, l'institution chargée d'enregistrer les premiers éléments de l'identité civile est le service de l'État civil. En Suisse, lors d'une naissance, le personnel hospitalier transmet à ce service un formulaire rempli et signé par les parents. Si l'enfant naît à la maison, ce peut être les parents qui font cette annonce. Dans un cas comme dans l'autre, il est intéressant de noter que la création officielle des premières informations civiles d'un être humain est amorcée sur la simple foi du témoignage du personnel hospitalier et des parents. L'inscription des naissances au registre d'État civil est obligatoire dans la plupart des pays selon des délais variables (dans les trois jours après l'accouchement pour la Suisse, dans les trente jours pour le Canada par exemple).

Le prénom est une information qui résulte d'un choix après une naissance. Information civile, il révèle la plupart du temps, de façon indirecte, une information biologique car il renseigne aussi sur le sexe. En français comme dans les autres langues, les prénoms sont soit masculins, soit féminins (des prénoms ambigus comme « Dominique » ou « Claude » sont des exceptions).

Toutes les informations administratives sont factuelles, et toutes peuvent changer au fil d'une vie. Cette intra-variabilité a deux conséquences principales. La première est d'affecter le potentiel d'individualisation de ces informations administratives. La seconde est d'influencer le processus d'identification lui-même, car l'identité civile (comme les autres formes d'identité) dépend de *qui* initie ce processus et du *moment* où il prend place [Jaquet-Chiffelle, 2009].

Les changements d'identités civiles

Exemple 4 :

En mars 2005, le Corps suisse des gardes-frontière annonçait, dans une note d'information (55/2005), que 840 criminels bulgares avaient changé leur nom, leur prénom, et certains, leur date de naissance. En conformité avec loi bulgare de l'époque, ces individus avaient apporté la preuve, devant un tribunal, qu'ils étaient connus sous d'autres noms, ou que leurs noms étaient soit « ridicules », soit « compromettants ». Ils purent ainsi circuler librement bien qu'ils soient recherchés dans plusieurs pays pour des activités criminelles.

L'intra-variabilité de certaines informations administratives constituant l'identité civile se conçoit sans difficulté. C'est le cas du domicile, de la profession ou de l'état civil par exemple. Pour ce dernier, il convient de noter qu'une majorité de femmes ont changé ou complété leur nom de famille par mariage. Mais les noms, les prénoms et les dates de naissance sont, en règle générale, les informations les moins susceptibles de varier au fil du temps. Il existe pourtant quelques procédures propres à perturber, en toute légalité, la stabilité des noms et/ou des prénoms: ce sont les mariages, les divorces, les procédures de changement de noms et les adoptions.

En Suisse, le droit concernant les changements de nom par mariage traverse depuis une vingtaine d'années une période mouvante. En 1988, un nouveau droit du mariage était adopté permettant aux femmes mariées de garder leur nom de naissance suivi de celui de leur mari. En 1994, la Cour européenne des droits de l'Homme jugea que la Suisse avait violé les droits fondamentaux des époux Burghartz¹², un couple bâlois qui avait pu prendre comme nom de famille celui de l'épouse, le mari n'ayant cependant pas pu garder son ancien nom et le faire suivre par celui de sa femme. Pour tenir compte de cette jurisprudence, le Conseil fédéral décida d'adapter l'ordonnance sur l'état civil¹³. La même année, jugeant cette me-

12 Burghartz v. Suisse (49/1992/394/472).

13 RS 211.112.2 Ordonnance du 28 avril 2004 sur l'état civil (OEC).

sure insuffisante, une première initiative parlementaire était déposée en vue de modifier le Code civil (initiative de la conseillère nationale Suzette Sandoz). Le projet élaboré suite à cette initiative échoua dans les deux Chambres en 2001. En 2003, en réponse à une seconde initiative parlementaire (initiative de la conseillère Susanne Leutenegger Oberholzer), le Conseil national chargea une commission juridique de rédiger un texte. En 2008, cette commission présenta une version définitive dont l'axe principal était l'immutabilité du nom. Cette version offrait aussi aux époux la possibilité de choisir un nom commun et préconisait d'adopter celui de la mère en cas de désaccord sur le nom transmis aux enfants. Mais en décembre 2008, le Conseil fédéral rejeta le principe de favoriser le matronyme, le jugeant contraire à l'égalité entre hommes et femmes. Il proposa que la décision revienne à une instance judiciaire et n'excluait pas que le nom puisse être tiré au sort. À noter que le nom transmis aux enfants est une problématique difficile car deux approches différentes s'opposent: l'une exige que la loi fixe des règles précises et contraignantes, l'autre postule au contraire de laisser le libre choix aux familles.

En dehors des mariages et des divorces, les procédures de changement de nom et/ou de prénom sont aussi affaire de loi. Même si la stabilité des patronymes est une règle quasi universelle, les lois permettant de changer de nom tendent à s'assouplir partout en Europe. En Suisse, selon le Code civil, les cantons sont souverains pour se déterminer sur des demandes de changement de nom s'il existe de justes motifs [CCS, 2010](art. 30).

Depuis le 1^{er} février 1994, en France, toute personne qui justifie d'un intérêt légitime peut demander à changer de nom¹⁴. La loi française ne précise pas le sens donné au mot « légitime », tout comme le Code civil suisse ne clarifie pas la nature des « justes motifs ». Mais la réalité montre que deux tiers des personnes ont engagé une procédure car leur nom était d'origine ou de consonance étrangère, un tiers car leur nom était jugé ridicule ou difficile à porter [Lapierre, 2006]. À noter que les prénoms ne sont affectés que dans une moindre mesure par de telles demandes.

La majorité des demandes concerne ainsi des changements de nom en rapport avec des naturalisations. Le changement de nom permet, à des immigrés ou à leurs descendants, de se défaire d'un nom difficile à porter, à écrire ou à prononcer dans leur nouvel environnement. Il permet aussi d'abandonner ou de modifier un nom dont la consonance gêne leur vie sociale, relationnelle et freine leur intégration, voire leurs chances de promotion.

14 Article 4 de la loi n° 93/22 du 8 janvier 1993 modifiant le code civil relative à l'état civil, à la famille et aux droits de l'enfant et instituant la juge aux affaires familiales.

Parmi les noms difficiles à porter, il y a les cas d'homonymies avec des criminels notoires (exemples: *Hitler*, *Barbie*, *Dutroux*). Sont aussi invoqués des motifs en rapport avec une profession (exemples: *Vieilledent* pour un dentiste, *Bourreau* pour un médecin, *Barbant* pour un professeur). Quant à la notion de ridicule, il est intéressant de noter qu'elle est relative et variable selon le moment, le lieu et l'évolution de la langue. Ainsi *Piot* qui signifiait autrefois « souillard » a perdu son sens péjoratif, alors que *Bordel*, d'origine germanique et signifiant « planche », est devenu problématique.

Les sociologues qui se penchent sur les souhaits de changer de noms découvrent parfois des motifs plus complexes. Ainsi, dans les années 1970, les Européens du Sud qui se sont installés en France ont francisé leurs noms de façon beaucoup plus systématique que les personnes d'origine maghrébine. C'est une frontière symbolique de la terre d'Islam, révélant que la transformation du nom peut être vécue comme une rupture religieuse et culturelle, voire une « christianisation ». Dès lors, il n'est pas surprenant que « ... *la quasi-totalité des changements de noms de consonance arabe sont le fait de personnes ayant pris leurs distances avec l'islam ou appartenant à d'autres religions.* » [Lapierre, 2006](pp.86).

Dans une famille, le changement de nom ne s'applique qu'aux adultes qui en font la demande ainsi qu'à leurs enfants. Il en résulte que différentes personnes, d'une même famille, peuvent porter des noms différents.

Puisque les individus meurent et que leurs noms restent, ceux qui ont changé leur nom peuvent être désavoués par leurs descendants. Dès lors, il arrive que des personnes souhaitent retrouver leur nom d'origine. Cette remise en cause du changement engagé par des générations antérieures est possible par des procédures dites de « changements de nom retour ». Ces procédures visent des patronymes anciens que la nouvelle génération veut restaurer par affection, par fierté d'un nom que les circonstances du passé n'oppriment plus, ou par la simple volonté de renouer avec ses origines.

À ces changements officiels et légaux, il convient d'ajouter les changements volontaires mais illégaux résultant, le plus souvent, d'une volonté délibérée de se soustraire aux autorités. Ces changements permettent aussi de commettre des délits sous une identité différente (ouverture de comptes bancaires, souscriptions d'emprunts, endossements indus de prestations sociales ou violation du devoir de résidence par exemple). Aux États-Unis, selon la Commission fédérale du commerce (*Federal Trade Commission*), la fraude en identité a concerné 27,3 millions de personnes entre 2000 et 2005. En Angleterre, le coût annuel de la fraude en identité se-

rait de € 2 milliards, ce qui a conduit le Home Office à se doter d'un service de lutte contre la fraude documentaire [Ceyhan, 2006].

La possibilité de changer de nom conduit à prendre conscience de la fragilité des informations constitutives de l'identité civile d'un individu.

Exemple 5 :

Mars 2009, dans l'État de l'Oklahoma: James Brewer, un américain de 58 ans, est victime d'une deuxième attaque cérébrale en l'espace d'une année. Convaincu de vivre ses derniers instants, il contacte les services de police et confesse avoir abattu un homme en 1977. À l'époque, il vivait à Hohenwald dans le Tennessee sous le nom de Michael Anderson. Pensant que son voisin était l'amant de sa femme, il l'avait abattu.

Après son crime, il changea de nom et de domicile pour échapper aux poursuites, stratagème qui fonctionna.

Suite à ses aveux, James Brewer se remit de ses ennuis de santé. Il devra comparaître pour son crime.

Représentations alpha-numériques d'informations de l'identité civile

Certaines des informations constituant l'identité civile peuvent être représentées par un code numérique ou alpha-numérique.

C'est le cas du numéro de sécurité sociale, en Suisse appelé numéro AVS (Assurance-Vieillesse et Survivants). Jusqu'en 2008, il s'agissait d'un numéro d'assuré constitué de quatre groupes de chiffres séparés par des points (exemple: 408.63.153.311). Les groupes représentaient les informations suivantes:

- ◆ Premier groupe: trois chiffres renseignant sur le nom de famille de l'assuré, selon une table (exemples: « Bov... » = 199, « Cav... » = 258).
- ◆ Deuxième groupe: deux derniers chiffres de l'année de naissance.
- ◆ Troisième groupe: le premier des trois chiffres renseignait sur le sexe (1 à 4 pour les hommes, de 5 à 8 pour les femmes) et les deux derniers indiquaient la position du jour de naissance dans l'année (exemple: 38 pour le 7 février).
- ◆ Quatrième groupe: les deux premiers chiffres servaient à la numérotation séquentielle des assurés ayant le même numéro de base. Le dernier chiffre allait de 1 à 4 pour les Suisses, de 5 à 8 pour les étrangers.

Depuis 2008, ce numéro d'assuré a changé. Désormais il est constitué de treize chiffres servant à l'AVS, à l'assurance-invalidité (AI) et au régime des allocations

pour perte de gain (APG). Bien qu'il représente toujours une identité civile spécifique, il ne permet plus d'être décodé.

En Suisse, le numéro d'immatriculation d'un véhicule est un autre exemple de code alpha-numérique lié à une identité civile (à l'exception des véhicules immatriculés au nom d'une raison sociale). En règle générale, ce numéro permet d'identifier le propriétaire d'un véhicule et de vérifier qu'une assurance responsabilité civile a été établie.

Dans le domaine bancaire, les comptes de clients sont codés. Dans le domaine des réseaux informatiques, les ordinateurs sont identifiés par des adresses chiffrées (numéro IP – *Internet Protocol*). Lorsqu'ils concernent des prestations privées, ces codes sont toujours liés à une identité civile et les processus sont communs aux deux domaines (bancaire et informatique). Dans un premier temps, les informations administratives de l'identité civile d'un client sont enregistrées. Ensuite, un code lui est attribué. D'une part, ce procédé garantit l'anonymat du client pour des opérations de routine. D'autre part, il permet de régler de façon automatique la gestion de droits spécifiques.

2.2.2. L'identité biologique

Dès la constitution de sa première cellule, avant que sa date de naissance ne soit connue avec précision, avant qu'il ne reçoive un prénom, chaque individu devient porteur de gènes qui le caractérisent. Son patrimoine génétique est déjà réparti, à part égale, entre ceux de sa mère et de son père. Il est porteur de l'ADN mitochondrial de sa mère et, si c'est un garçon, du chromosome Y de son père. Ces informations génétiques apparaissent avant les informations administratives qui constitueront son identité civile. Cette priorité chronologique s'accorde du reste très bien avec l'étymologie du terme « génétique » (*genno* – donner naissance). Mais ce terme génétique n'est qu'un qualificatif parmi d'autres pour exprimer les caractéristiques du corps d'un individu. Pour élargir la palette de ces informations, le terme « biologique » lui sera préféré. Cette convention permettra d'intégrer tant les informations génétiques que les autres informations corporelles, autres informations qui seront qualifiées de biométriques.

En soi, la distinction entre informations génétiques et biométriques n'est que formelle. L'information de la couleur de la peau peut être qualifiée de biométrique (de plus, elle est facile à déterminer). Mais la couleur de la peau résulte en fait d'informations génétiques. De même, les caractéristiques du visage sont souvent consi-

dérées comme informations biométriques, mais elles sont aussi l'expression du patrimoine génétique. Dans ce contexte, la convention adoptée vise simplement à distinguer:

- ◆ les informations génétiques comme étant des données latentes exprimées par un code alpha-numérique après des opérations d'extraction et d'interprétation,
- ◆ et les informations biométriques comme étant des données visibles, évaluables de suite ou après des opérations relativement simples (mesurations ou relevés d'empreintes digitales par exemple).

Dès lors, l'identité biologique peut se définir, pour chaque individu, comme un sous-ensemble d'attributs constitué d'informations relatives à son corps. Pour [Dengens-Pasanau et Freyssinet, 2009], c'est le « corps identité ». Il s'agit, par exemple:

- ◆ du sexe,
- ◆ du génome complet de l'ADN nucléaire (à distinguer du profil d'ADN qui n'exprime qu'une partie de ce génome),
- ◆ du génome complet de l'ADN mitochondrial,
- ◆ des empreintes digitales, palmaires, plantaires,
- ◆ des caractéristiques intimes des dents,
- ◆ du groupe sanguin,
- ◆ des iris des yeux,
- ◆ des caractéristiques intimes des oreilles, des lèvres, du visage,
- ◆ de la couleur de la peau, des yeux, des cheveux.

Cette identité biologique est de nature scientifique, donc gérée par les lois de la nature. Considérées dans leur totalité, les informations génétiques et biométriques constituent une identité biologique propre à chaque individu. Cette approche intègre le fait que des jumeaux univitellins présentent des profils d'ADN non différenciables (puisqu'ils sont issus de la même cellule), mais des empreintes digitales différentes.

À l'exception des modifications corporelles causées par le vieillissement (altérations et extractions de dents par exemple), et en dehors de cas exceptionnels (maladies dégénératives ou nécessité de recevoir une allogreffe¹⁵ par exemple), la grande majorité des informations de l'identité biologique présente un degré d'intra-variabilité quasi nul. Cette stabilité dans le temps est une qualité appréciable pour les processus d'identification.

15 Greffon provenant d'une autre personne et pouvant véhiculer un profil génétique distinct de celui du receveur.

Dans la vie quotidienne, lorsque les parents sont connus, l'identité biologique ne fait pas l'objet de préoccupations particulières. Par contre, lorsqu'un des deux géniteurs est inconnu, il arrive que des personnes recherchent celle ou celui dont elles ont hérité des gènes. Ce processus est d'actualité depuis que les premiers bébés « éprouvette » sont devenus adultes (le premier, Louise Brown, est né en 1978). Étant donné que les banques de sperme ont longtemps garanti l'anonymat des donneurs aux familles, et réciproquement, les enfants nés par procréation artificielle sont actuellement en âge de s'interroger sur leur identité biologique. Des associations de personnes en recherche de proches biologiques se sont ainsi créées, associations qui tentent, via internet notamment, de retrouver un père, un demi-frère ou une demi-sœur. Se pose aussi la question des risques de consanguinité entre descendants du même donneur qui pourraient, en toute ignorance, fonder une famille.

En Suisse, la loi fédérale du 18 décembre 1998 sur la procréation médicalement assistée entrée en application le 1^{er} janvier 2001, autorise l'enfant, dès l'âge de 18 ans, à connaître l'identité du donneur [LPMA, 1998](art. 27). L'entrée en vigueur de cette disposition a eu pour effet de diminuer le nombre de donneurs dans les banques de sperme. Quant au don d'ovule, la loi suisse l'interdit [LPMA, 1998](art. 4).

Dans le domaine de l'identification de personnes, l'identité biologique est parfois la seule forme d'identité qui peut être déterminée. C'est le cas par exemple de nouveau-nés abandonnés ou découverts sans vie pour lesquels les analyses génétiques représentent l'unique moyen d'individualisation. Ces analyses permettent aussi de vérifier qui peuvent être les géniteurs de ces enfants.

Exemple 6 :

Le 19 décembre 2008 en fin d'après-midi, en gare de Bâle, un contrôleur des CFF découvre un nouveau-né dans un train ICE en provenance d'Interlaken/BE à destination de l'Allemagne. L'enfant, vivant, est dans un landau, posé à même le sol dans le couloir, près des toilettes. Pour localiser les parents, le contrôleur questionne les passagers et une annonce est diffusée dans le train, sans succès. Finalement, la police prend en charge l'enfant, une petite fille âgée de 10 jours tout au plus.

Les enquêteurs suisses et allemands mèneront des investigations coordonnées et le 8 janvier 2009, une jeune femme sera interpellée en Bavière. Travaillant comme jeune fille au pair, ressortissante étrangère, psychologiquement perturbée, elle reconnaîtra avoir mis au monde son bébé dans un hôpital allemand avant de l'abandonner dans le train.

Exemple 7 :

Le 26 janvier 2006, dans le village de Contres (Loir-et-Cher, France), un couple de retraités s'occupe à l'entretien de leur pavillon acquis en 2003. Dans leur jardin, ils découvrent le corps sans vie d'un nouveau-né, enterré à faible profondeur. En octobre 2006, ils font une découverte comparable dans un autre secteur du jardin et un mois plus tard, c'est un gendarme qui déterre un troisième nouveau-né en procédant à des investigations aux alentours de la maison.

Les analyses démontreront que ces nouveau-nés avaient été mis au monde par l'ancienne occupante des lieux, une mère ayant déjà élevé quatre enfants, désormais majeurs. Après sa mise en examen, elle reconnaîtra avoir dissimulé ses grossesses et éliminé les nouveau-nés à des époques de profonde détresse.

Représentations alpha-numériques d'informations de l'identité biologique

Le profil génétique est l'exemple le plus évident d'informations biologiques représentées sous une forme alpha-numérique. Pour un individu donné, son profil d'ADN est un court extrait de l'ensemble de son patrimoine génétique, profil exprimé avec des chiffres et des lettres (le chapitre 7 détaillera le domaine de l'ADN).

Des caractéristiques biométriques faciles à déterminer peuvent être utilisées pour sélectionner des individus particuliers de façon automatisée et rapide (à l'entrée d'une entreprise sécurisée par exemple). Le principe consiste à enregistrer certaines informations biométriques de personnes à qui des droits spécifiques ont été attribués, par exemple les empreintes digitales, l'image du visage, celle de l'iris d'un œil ou la voix. En cas de correspondance jugée satisfaisante par un système automatisé entre ces enregistrements et les informations d'un individu quelconque, un lien est établi entre cette personne et les droits qui lui ont été assignés. Ce peut être l'ouverture d'une porte ou l'accès à des informations protégées. Dans ce contexte, l'utilisation des informations biométriques tend à s'assurer de l'identité biologique de la personne contrôlée. En d'autres termes, si la personne contrôlée a modifié son identité civile (par mariage ou procédure de changement de nom par exemple), il n'y aura pas d'impact sur le résultat des informations contrôlées.

À ce sujet, il est intéressant d'observer un paradoxe dans la société actuelle. D'une part, il existe un besoin d'identifier des individus de façon objective, absolue, fiable et précise. Dans ce but, les caractéristiques du corps – donc biologiques – prennent une importance de plus en plus grande. Mais d'autre part, ces informations concrètes sont aussitôt traduites sous une forme abstraite, numérisée qui transforme une identité en de multiples formes d'identités virtuelles (exemples dans les communautés du web telles que My Space, IM, Social Networking, Facebook).
« *Il ne s'agit pas de la représentation du corps anatomique et médicalisé du XIX^e*

siècle, mais du corps comme information qui se transforme en données numériques » [Ceyhan, 2006](pp.11-12). Les données du corps (élément concret) sont dématérialisées pour rendre leur exploitation plus fluide. La matière première du corps est rendue transmissible, échangeable. C'est un des paramètres de la « modernité liquide » définie par [Bauman, 2000]. Dans les faits, les États s'entendent pour rendre compatibles les systèmes technologiques en vue d'une plus grande facilité d'échanges de données: EUROPOL (coopération policière, depuis le 1^{er} juillet 1999), EURODAC (système européen pour les empreintes digitales, depuis le 15 janvier 2003), SIS (système d'information Schengen, depuis août 2008 pour la Suisse), VIS (système européen d'échanges de données relatives aux visas, soit photographies et empreintes digitales pour fin 2009).

Il peut arriver que les informations biométriques soient combinées aux informations administratives, le but étant de contrôler tout à la fois les identités biologique et civile. Cette façon de procéder est appliquée à la plupart des documents d'identité par exemple. En règle générale, de tels documents sont établis au nom de leur porteur (identité civile) et sont sécurisés par une photographie ou, de façon plus sophistiquée, par des informations biométriques comme les empreintes digitales (identité biologique). Dans ce contexte, une résolution de l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI), datée du 9 mai 2003 (document 9303), recommande d'intégrer, d'ici 2016, deux types d'informations biométriques dans les documents d'identité: une photographie numérique du visage et, au choix, l'inscription numérique des empreintes digitales ou de l'image de l'iris de l'œil. Ces informations devront être intégrées dans une puce électronique (RFID) permettant leur lecture automatisée. Au niveau européen, la sécurisation des passeports est gérée selon le Règlement (CE) n° 2252/2004 du Conseil du 13 décembre 2004 établissant des normes pour les éléments de sécurité et les éléments biométriques intégrés dans les passeports et les documents de voyage délivrés par les États membres (JO L du 29 décembre 2004). Les États-Unis quant à eux ont décidé d'imposer ce type de passeport aux personnes étrangères qui souhaitent se rendre sur leur territoire. À noter que l'enregistrement et le traitement informatisé de l'ensemble des informations administratives et biologiques pourraient constituer une forme d'identité « numérique ».

Un autre exemple de la combinaison des identités civile et biologique apparaît dans la façon dont certains pays, dont la Suisse, gèrent les demandes d'asile. Lorsqu'une demande est refusée, il arrive que les personnes déboutées reviennent à charge, après un certain temps, sous une autre identité civile. Pour détecter de telles tentatives, la Suisse enregistre les identités civiles annoncées et les empreintes digitales de ses requérants. C'est ainsi une information biologique qui permet d'indivi-

dualiser les personnes dont les identités civiles s'avèrent, souvent, difficiles à vérifier, les échanges avec les instances émettrices étant très complexes, voire compromis en certaines circonstances (réfugiés politiques par exemple). De façon comparable et toujours au sujet des contrôles de personnes aux frontières, les États-Unis ont adopté deux lois s'appuyant sur le principe d'une utilisation des techniques biométriques: *the Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism Act* de 2001, couramment nommé le « *USA Patriot Act* » et *the Enhanced Border Security and Visa Entry Reform Act* de 2002. Ces lois visent à sécuriser les documents et à en permettre une lecture automatique. Dans ce contexte où des données biologiques permettent d'identifier des demandeurs d'asile, des illégaux et des criminels récidivistes, le corps devient l'outil privilégié permettant de distinguer la légalité de l'illégalité [Ceyhan, 2006].

2.2.3. Autres formes d'identité

Il est possible de distinguer d'autres formes d'identité. Sans être exhaustif, en voici quelques-unes.

L'identité artistique

Les écrivains prennent fréquemment un pseudonyme. Dans certains cas, ces pseudonymes ont éclipsé, en reconnaissance et en notoriété, les véritables patronymes (exemples: Arouet – *Voltaire*, Antole Thibault – *Stendhal*, la baronne Aurore Dudevant, née Dupin – *George Sand*). Les chanteurs changent aussi couramment de nom (exemples: Maria Anna Sophia Kalogeropoulos – *Maria Callas*, Jean-Philippe Smet – *Johnny Hallyday*, Brenda Mae Tarpley – *Brenda Lee*). Il arrive même qu'un nom d'artiste, empreint de prestige, soit adopté de façon définitive par les générations suivantes, avec l'accord des autorités administratives. Cela a été le cas, par exemple, pour la famille de Gilbert *Bécaud* (patronyme initial: Silly) ou la famille de Serge *Lama* (patronyme initial: Chauvier).

L'identité communautaire

L'identité communautaire, ou religieuse, est une forme d'identité qui est adoptée pour embrasser une nouvelle vie, adhérer à une communauté. Dans la religion chrétienne par exemple, la pratique d'endosser l'identité d'un saint à l'occasion de la conversion ou de l'entrée dans les ordres est courante (exemples: Joseph Ratzinger:

Benoît XVI, Agnès Gonxha: *mère Teresa*, Henri Grouès: *l'abbé Pierre*). Cette pratique s'applique aussi à des mouvements ésotériques (exemples: Vernon Wayne Howell: *David Koresh*, Claude Vorilhon: *Raël*). Pour celui qui intègre le groupe, ce changement d'identité marque, en plus de son entrée dans le nouvel ordre, un changement d'état. Pour les autres membres du groupe, c'est aussi un symbole d'admission et d'agrégation.

L'identité biographique

En 2002, le *UK Cabinet Office* a mis à disposition sur le web un rapport relatif à la fraude identitaire dans lequel est introduite une forme d'identité particulière : « l'identité biographique » [UK Cabinet Office, 2002]. Cette forme d'identité est définie comme étant celle qui s'établit lorsqu'un individu peut être lié à un ensemble d'informations retraçant son parcours de vie (lieu de naissance, domiciles successifs, lieux et durées des formations, lieux et durées des activités professionnelles, lieux et durées des activités privées, soit les informations constituant une partie de son *curriculum vitae*).

L'identité choisie

Dans leur analyse de la criminalité liée à l'identité, et en particulier sur les formes de criminalité perpétrée via le net, [Koops et al., 2009] introduisent une autre forme d'identité, appelée « identité choisie ». Il s'agit, par exemple, du pseudonyme indiqué sur un site de rencontres ou de la création de fausses identités à des fins délictueuses. Les auteurs examinent différents aspects de cette criminalité, puis présentent diverses formes d'identité avec leurs spécificités. Leur démarche aboutit aux classifications de la table 2.1. (l'identité « attribuée » s'apparente à l'identité civile et l'identité « biométrique ou comportementale » à l'identité biologique).

Table 2.1 - Comparaison et classification de différentes formes d'identité (selon [Koops et al., 2009]).

	Plus externe	Plus interne
Plus artificielle	Identité attribuée	Identité choisie
Plus liée à l'humain	Identité biographique	Identité biométrique ou comportementale
Vers davantage de stabilité	Identité attribuée	Identité biométrique ou comportementale
Vers davantage de volatilité	Identité biographique	Identité choisie

2.3. Discussion

Dans le cadre de ce travail, les deux formes d'identité retenues seront l'identité civile et l'identité biologique. Les raisons de ce choix résident dans les contraintes spécifiques auxquelles est soumis le spécialiste face à une personne décédée. Les paramètres dont il peut disposer, sur le corps à identifier, sont des éléments *post-mortem*, éléments essentiellement biologiques de par leur nature. L'identité civile quant à elle se révèle pertinente dans la mesure où les éléments de comparaison les plus judicieux seront ceux auxquels une identité civile sera liée (forme d'identité la plus couramment liée à des données dentaires ou à des saisies d'empreintes digitales par exemple). Les autres formes d'identité seront écartées car elles n'expriment, en majorité, qu'une identité civile déclinée sous une autre forme. En effet, une identité civile est toujours sous-jacente à un nom d'artiste ou de religieux. Et une identité civile est toujours sous-jacente à un code alpha-numérique bancaire ou informatique, pour autant qu'il concerne une personne et non une raison sociale. Concernant les identités biographiques et choisies, elles s'avèrent peu pertinentes dans le contexte de ce travail car les identifiants auxquels elles se rapportent sont presque tous muets, voire totalement inexistantes, au niveau *post-mortem* (à de rares exceptions, comme des particularités physiques indiquées dans la biographie d'un individu par exemple). Selon l'expression de [Desgens-Pasanau et Freyssinet, 2009], ces autres identités peuvent être qualifiées d'« identités connectées ».

Bien que certaines de leurs informations soient partagées (le sexe par exemple), les identités civile et biologique sont deux formes d'identité distinctes et indépendantes. Les informations administratives constituant l'identité civile sont tributaires du choix des hommes et sont, en règle générale, facilement disponibles, pour autant que l'accès à des informations officielles et fiables soit peu contraignant. Par contre, elles sont intra-variables. Quant aux informations scientifiques constituant l'identité biologique, elles sont imposées par les lois de la nature. Leurs déterminations sont parfois faciles (couleur de la peau par exemple), parfois plus complexes (profil d'ADN par exemple). Quant à leur intra-variabilité, des différences apparaissent aussi. La longueur des ongles ou la taille sont des informations intra-variables, tandis que le profil d'ADN ou la couleur de la peau ne sont pas sensés varier au fil du temps. Dans la pratique, ce sont précisément ces informations ayant une intra-variabilité quasi nulle qui sont retenues pour exprimer l'identité biologique.

Table 2.2 - Comparaison générale des identités civile et biologique.

Informations de l'identité civile	Informations de l'identité biologique
De nature administrative	De nature scientifique
Choisies par les hommes	Imposées par les lois de la nature
Normalement disponibles auprès d'instances émettrices	Détermination facile à complexe
Intra-variables	Degrés d'intra-variabilité variables Les informations retenues sont celles ayant une intra-variabilité quasi nulle

Sur un plan épistémologique, chacune des informations constituant une identité civile ou biologique (du type de celles listées en début des sous-chapitres 2.2.1 et 2.2.2.) est pourtant insuffisante pour permettre, à elle seule, de désigner l'identité civile d'un individu parmi plusieurs (objectif fondamental de ce travail). En règle générale, une seule information administrative ne permet pas de désigner une personne avec certitude (exception faite d'une information pouvant s'avérer extrêmement singulière, comme un prénom très original par exemple). Concernant les informations biologiques, dont certaines traces relevées sur des lieux de délits, elles ne permettent pas de désigner, *ipso facto*, l'identité civile de leur source. Chacune de ces informations – administratives ou biologiques – se caractérise par le fait de présenter un potentiel d'individualisation spécifique. L'identité, quant à elle, devient une notion abstraite qui n'existe que par l'établissement d'un lien entre lesdites informations et un individu en particulier. Dans son ouvrage de théorie sociologique, [Kaufmann, 2004] relève que l'identité n'est pas substance, mais le résultat d'un processus, construction subjective et imaginaire lui permettant de considérer qu'elle est une « invention de soi ».

Si l'identification est affaire de classe (cf. sous-chapitre 4.1.2, Les processus), l'identité est affaire de relation [Kwan, 1977]. Établir une identité constitue dès lors un processus d'association¹⁶.

Au niveau des identités, la définition de ce lien se conçoit de façon différente selon la nature des informations. Pour les informations administratives, le lien se définit par la désignation de l'individu à qui elles sont attribuées. Pour les informations biologiques, le lien se définit par la désignation de l'individu qui en est la source (cf. figure 2.1 où l'intersection des deux ellipses représente les informations partagées par les deux identités, soit le sexe et la filiation). Ces définitions s'appa-

16 Il est intéressant de noter que cette constatation s'apparente avec la notion de « logos » propre aux philosophes grecs selon laquelle l'Être ne se définit qu'en termes de liens, de rapports ou de proportions dans l'univers qui l'entoure.

rentent à celles propres au domaine de la biométrie qui distinguent « *informations about the person* » et « *informations of the person* » [Cabal, 2003]. En fait, les premières sont les informations administratives, les secondes les informations biologiques.

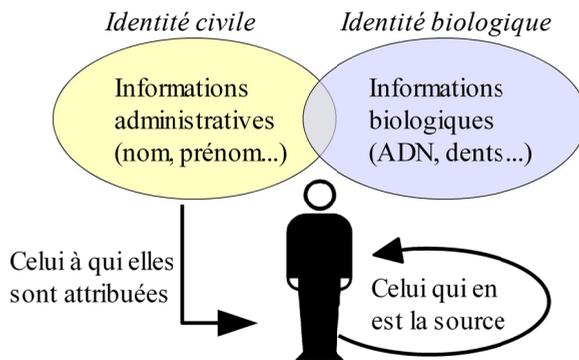


Fig. 2.1 - Définitions des liens concernant un individu et ses informations administratives et biologiques.

La distinction des formes d'identité s'avère nécessaire car les prochains chapitres démontreront que les processus retenus ne conduisent pas tous à la détermination de la même forme d'identité.

2.3.1. Sélectivité

En ne retenant qu'une ou deux informations seulement (nom et prénom par exemple, ou deux marqueurs génétiques), il est possible de trouver plusieurs individualités partageant les mêmes informations. Afin de les distinguer, il convient d'augmenter le nombre d'informations mises en relation. Plus ces informations sont nombreuses, plus leur combinaison tend vers la désignation d'un nombre limité de personnes, voire d'une seule. Ainsi, sur 4'096'771 inscriptions au répertoire téléphonique suisse¹⁷, 29'866 concernent des *Schmid* et 6'176 des *Hans Peter* (nom et prénom courants en Suisse). Les *Hans Peter Schmid* tombent à 85, dont 4 habitent Zürich. En ajoutant une seule information civile supplémentaire, il serait possible de distinguer ces 4 individus. Au niveau biologique, une approche comparable peut être faite. Si 13% d'une population caucasienne possède un génotype *A* et 4% un génotype *B* indépendant, la fréquence des génotypes combinés *A* et *B* dans cette population est de 0,52% ($0,13 \times 0,04$).

¹⁷ Recherche effectuée le 20.05.2009 avec le moteur de recherche <http://tel.search.ch/>

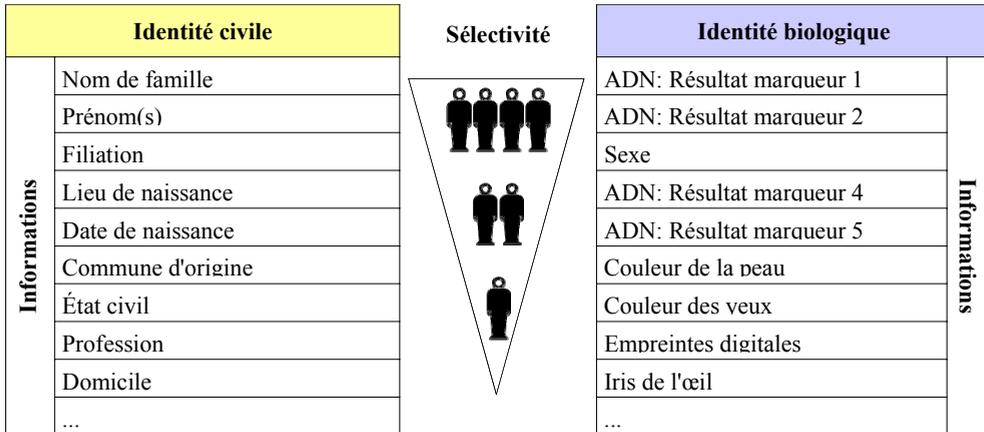


Fig. 2.2 - Schématisation de la sélectivité des informations propres aux identités civile et biologique.

Ainsi, pour l'identité civile comme pour l'identité biologique, la sélectivité des informations dépend, d'une part, de leur potentiel discriminant spécifique et, d'autre part, du nombre d'informations mises en relation.

2.3.2. Processus visant à individualiser une personne

Pour parvenir à l'individualisation d'une personne décédée, il existe différents processus pouvant être classés en deux catégories générales:

1. Le processus impliquant le témoignage d'une personne qui se détermine sur l'identité civile de la personne décédée. C'est un processus de reconnaissance.
2. Les processus impliquant des examens comparatifs de la part de spécialistes forensiques entre des données de la personne décédée (données *post-mortem*, ci-après PM) et des données de comparaison. Ce sont des processus d'identification. Quant aux données de comparaison, elles peuvent provenir:
 - ◆ soit de la personne dont l'identité civile est supposée (données *ante-mortem*, ci-après AM): empreintes digitales ou palmaires, données dentaires, données médicales, profil d'ADN (de la personne supposée),
 - ◆ soit d'un proche parent de la personne dont l'identité civile est supposée, données permettant une détermination du lien de parenté: profil d'ADN (d'un parent).

Exemple 8 :

De 1503 à 1482 avant J.-C., c'est une femme qui occupe le trône d'Égypte: la reine Hatshepsout (XVIII^e dynastie). Première femme pharaon, elle marque son époque par son autorité et ses excellents résultats à la tête du pays. Après sa mort, son beau-fils, Thoutmôsis III, fait disparaître toutes les traces de celle qui l'a empêché de prendre le pouvoir plus tôt.

En 1824 de notre ère, une tombe (K20) est découverte sur un site archéologique de la Vallée des Rois. Malheureusement, c'est une tombe vide ! À la même époque, à proximité de cette tombe, des fouilles permettent de découvrir diverses momies. Anonymes, elles n'attisent pas la passion des archéologues et sont entreposées dans un grenier du Musée du Caire.

En 1881, un petit coffret portant le sceau d'Hatshepsout est découvert dans la tombe K60. Conservé en l'état, ce coffret ne sera jamais ouvert.

En 1903, la tombe vide K20 est identifiée comme étant celle d'Hatshepsout par l'archéologue Howard Carter. Mais le corps est toujours porté manquant.

En 2006, des scientifiques font subir des tests ADN aux momies anonymes et observent le petit coffret au scanner. Après une année d'enquête, le coffret révèle un fragment de dent brisé s'adaptant parfaitement aux restes de la denture d'une des momies anonymes. Ainsi, 3'500 ans après sa mort, la reine Hatshepsout est identifiée grâce à une preuve par assemblage.

Cet exemple est vraiment particulier. Un tel processus n'est pas courant, moins encore lorsqu'il est réalisé de façon virtuelle (le coffret n'a pas été ouvert).

Comme suggéré dans ce chapitre, l'identité absolue n'existe pas. Mais la suite de ce travail tend vers un idéal d' « *universal identifyability* » [Jaquet-Chiffelle, 2006], soit la possibilité, pour chaque personne, de pouvoir être reliée à certaines informations, donc à une certaine forme d'identité. Pour tendre vers cet idéal, quatre processus principaux ont été retenus. Du plus rapide au plus complexe et onéreux, il s'agit :

1. du processus de reconnaissance,
2. du processus d'identification par comparaison d'empreintes digitales,
3. du processus d'identification par comparaison de données dentaires,
4. du processus d'identification par comparaison de profils d'ADN nucléaire.

Dans les prochains chapitres, la convention suivante sera appliquée:

- ◆ L'**identifiant** désignera la donnée personnelle permettant de lier un individu à une identité.
- ◆ Le **référentiel** concernera l'environnement général de l'identifiant et renseignera, de façon indirecte, sur la nature du support de l'identifiant et sur sa provenance.

Ainsi, une empreinte digitale est un identifiant. La fiche dactyloscopique établie par un service de police est un référentiel. De façon comparable, une dent est un identifiant. Une radiographie dentaire et un odontogramme sont des référentiels.

Chapitre 3

LA RECONNAISSANCE

Les raisons pour lesquelles le processus de reconnaissance sera examiné sont très bien formulées par [Wells et al., 1998](pp.618-619): « *Some forms of forensic evidence, such as fingerprints, DNA, and firearms patterns, are subject to criticism for not following scientific principles in the collection and analysis of the evidence. We see no reason why eyewitness identification evidence should not be treated in a similar fashion. [...] Eyewitness evidence can be construed as a type of trace evidence except that, unlike blood or fingerprints, the trace is in the brain of a human observer in the form of a memory. This memory trace even has some physical properties in the sense of being located as a neurological trace in the brain. Like physical evidence, the critical issue is how to extract the evidence in way that is maximally diagnostic of identity.* »

3.1. Introduction

Le processus de reconnaissance d'une personne décédée n'implique pas le travail d'un spécialiste forensique comparant des éléments PM à un référentiel AM. Il s'agit d'un processus différent, en principe non reproductible, dont le principe est comparable à celui d'un témoignage. En conséquence, celui qui endosse la responsabilité du résultat de ce processus n'est plus un spécialiste, mais la personne dont émane ce résultat. Dans ce chapitre, cette personne sera désignée par le terme « témoin ».

La qualité de témoin

La qualité de témoin comme elle est proposée ne correspond pas tout à fait à celle définie dans le contexte pénal. En effet, selon le Code de procédure pénale suisse¹⁸, le témoin est « ... toute personne qui n'a pas participé à l'infraction, qui est susceptible de faire des déclarations utiles à l'élucidation des faits et qui n'est pas entendue en qualité de personne appelée à donner des renseignements » [CPPS, 2007](art. 162). Dans le cadre du processus de reconnaissance d'une personne décédée, il n'y a pas d'infraction. Le témoin est susceptible de fournir des informations utiles à la détermination d'une identité civile. À ce titre, malgré l'importance de son rôle et les responsabilités assumées, il aurait davantage la qualité de personne appelée à donner des renseignements, mais sans en avoir non plus le véritable profil juridique. La définition du témoin selon le Code de procédure civile est plus large, donc plus proche de celle préconisée : « Toute personne qui n'a pas la qualité de partie peut témoigner sur des faits dont elle a eu une perception directe. » [CPC, 2008](art. 169). C'est pourquoi il est proposé de concevoir la notion de témoignage dans ce sens, soit d'une façon qui touche davantage au contexte social que pénal. Les informations demandées au témoin ne prendront pas la forme d'une déposition visant à prouver des faits. Ces informations seront du type de celles qui permettent de reconnaître un proche pour l'avoir côtoyé avant sa mort.

Terminologie

Dans la plupart des langues, le terme « reconnaissance » est tout à fait approprié pour désigner ce processus. Il exprime la nécessité de connaître pour pouvoir « connaître à nouveau » (*re-cognition*, *Er-kennung*, *ri-conoscimento*). Il intègre aussi très bien le caractère subjectif de ce processus, distinguant celui qui connaît de celui qui ne connaît pas (l'identification d'un sujet ne dépend pas seulement du sujet lui-même, mais dépend aussi de qui identifie et à quel moment [Jaquet-Chiffelle, 2006] [Jaquet-Chiffelle, 2009]). Malgré ces avantages, certains spécialistes utilisent l'expression « identification visuelle » pour qualifier le processus de recon-

18 Le Conseil fédéral a fixé au 01.01.2011 l'entrée en vigueur du Code de procédure pénale suisse, de la loi fédérale régissant la procédure pénale applicable aux mineurs et de la loi fédérale sur l'organisation des autorités pénales de la Confédération. Le Code de procédure pénale est appelé à remplacer les 26 codes cantonaux de procédure pénale. Actuellement, il s'agit donc encore d'un projet dont les premiers travaux ont débuté en 1994 par une commission d'experts instituée par le Département fédéral de justice et police. En décembre 2005, le Conseil fédéral a adopté le message relatif à l'unification de la procédure pénale. Bien accueilli par le Conseil des États et par tous les groupes du Conseil national, ce projet a été adopté par le Parlement le 5 octobre 2007.

naissance. C'est une expression inappropriée et stérile pour diverses raisons. Certes, le processus de reconnaissance peut être considéré, dans un certain sens, comme un processus d'identification, qualitatif et immatériel. Dans l'analyse des processus qui va suivre, la différence de terminologie vise surtout la distinction suivante: le processus d'identification peut faire appel à des mesures alors que le processus de reconnaissance s'y prête beaucoup moins, ou d'une façon différente, plus diffuse et plus intuitive. Le témoin reconnaît des traits par rapport à ce dont il se souvient sans qu'il ne soit jamais possible de mesurer le degré de ressemblance. Avec un processus d'identification, des mesures par rapport à un modèle sont sous-jacentes: nombre de concordances, de discordances, soit autant d'informations objectives auxquelles des valeurs peuvent être attribuées. D'autre part, le qualificatif « visuel » ne permet pas de faire la distinction entre un processus de témoignage et un processus d'identification scientifique. En soi, tous les processus peuvent être qualifiés de visuels. L'acuité visuelle d'un dactyloscope est aussi nécessaire que celle d'un odontologue; leurs conclusions en dépendent. Cette constatation est même perceptible, en filigrane parfois, dans certaines publications. Exemples dans le domaine des comparaisons d'empreintes digitales et de radiographies: « *Visual acuity is also a significant consideration. The visual acuity of all examiners should be evaluated on a periodic basis* » [Stacey, 2004](pp.717) et « *The method of confirming a putative identification by visual comparison of antemortem and postmortem frontal sinus radiographs is examined...* » [Christensen, 2004](pp.427).

C'est pourquoi la suite de ce travail ne retiendra que l'expression de « reconnaissance ».

Principe général

Le principe du processus de reconnaissance peut se définir comme suit: un corps, dont l'identité civile reste à établir, est présenté à un témoin, lequel annonce reconnaître - ou ne pas reconnaître - une personne qui lui est connue. Seule l'identité civile est concernée par ce processus.

Deux conditions préalables sont nécessaires pour envisager la présentation d'un corps:

- ◆ En premier lieu, il faut que le corps de la personne décédée soit présentable, particulièrement au niveau du visage. Le visage est l'élément identifiant le plus courant, mais il peut être complété ou substitué, lorsque les circonstances l'imposent, par d'autres parties du corps telles que des zones

comportant des signes particuliers (tatouages ou taches de naissance par exemple).

- ◆ En second lieu, il faut disposer de témoins qui acceptent de voir le corps.

Le processus de reconnaissance d'une personne décédée nécessite que son visage ait été initialement mémorisé. C'est pourquoi le fonctionnement de la mémoire¹⁹ est engagé.

Si les règles de la géométrie plane et spatiale ont été établies 300 ans avant Jésus-Christ, par Euclide, celles du fonctionnement de la mémoire sont bien plus récentes. Certes, diverses études ont été réalisées depuis longtemps sur la valeur probante des témoignages oculaires (notamment celles de Jeremy Bentham²⁰, 1748-1832). Mais les recherches et les principales découvertes dans le domaine du fonctionnement du raisonnement humain et de la mémoire en particulier ne datent que de la deuxième moitié du XX^e siècle [George, 1997]. Le sous-chapitre suivant en donne un aperçu.

3.2. Processus mnésique

Depuis que l'homme vit en société, il vérifie chaque jour la nécessité de reconnaître les membres qui l'entourent, que ce soit ses proches, les personnes de son entourage ou les individus susceptibles de pouvoir amener un danger²¹.

Le processus de reconnaissance est quotidien, mais n'en demeure pas moins complexe. En quelques secondes, de nombreux paramètres de différentes natures

19 Il est intéressant de noter que « mémoire » et « identité » sont intimement liées. Notre propre identité, comme celle de ceux qui nous entourent, dépend en partie de notre mémoire. « *Memories are precious. They give us identity* » [Loftus, 2003a](pp.231).

20 J. Bentham, « *Rationale of Judicial Evidence* », version anglaise en 5 volumes par John Stuart Mill, éditée en 1827; et « *Traité des preuves judiciaires* », édition française en 2 volumes par Etienne Dumont en 1823 et publiée en 1840 [Dulong, 1998].

21 Selon une étude universitaire américaine publiée le 19.05.2009 dans l'édition en ligne *Proceedings of the National Academy of Sciences*, les passereaux ont aussi cette faculté de reconnaître des personnes, en particulier celles qui font mine de menacer leurs nids. Dans un campus, certains étudiants ont été mandatés pour perturber régulièrement les nids de passereaux. D'autres s'en approchaient sans perturbations. Après un certain temps, les oiseaux réagissaient à l'approche des perturbateurs, attitude qu'ils n'avaient pas avec les non-perturbateurs. Source: http://www.skynet.be/actu-sports/actu/detail_les-passereaux-reconnaissent-les-individus?id=522495 (dernière consultation le 20.05.2009).

sont évalués pour déterminer les identités civiles de personnes rencontrées ou détecter des états émotionnels. Les aspects principaux pris en compte sont visuels, comportementaux et auditifs [Torres, 2004]. Mais les psychologues spécialisés dans ce processus relèvent que c'est le visage qui constitue l'élément clé [Bruce et Young, 1986] [Bredart et Bruyer, 1994] [Wells et al., 1998] [Wells et Olson, 2003].

Depuis la nuit des temps, le visage rend possible deux principaux types de reconnaissance. Le premier permet à un observateur de déterminer qui est l'autre. C'est ce type de reconnaissance dont il sera question dans ce travail. Le second type de reconnaissance permet à un observateur de distinguer, sur le visage de l'autre, différents états émotionnels²². [Richards et al., 2002] indiquent que ce type de reconnaissance intervient de façon subtile et déclenche des processus inconscients. Ainsi la peur perçue chez l'autre provoque de l'anxiété, laquelle prédispose à la colère tout en rendant l'observateur hyper-vigilant face à des menaces potentielles.

Même s'il est ancestral, le processus de reconnaissance d'un visage n'en demeure pas moins remarquable car le nombre d'identifiants est limité. « *Chaque visage possède les mêmes constituants (un nez, deux yeux, une bouche, des joues, etc.), lesquels se présentent selon un même arrangement [...]. Dès lors, la reconnaissance des visages implique la détection de différences subtiles entre leurs composants et leur relation spatiale (information configurale). Malgré cette difficulté, les êtres humains sont experts dans la mémoire des visages.* » [Huart, 2005](pp.13). Il convient dès lors d'examiner plus en détail comment la mémoire traite les différentes caractéristiques des visages.

Modèle de Bruce et Young

Un modèle de mémorisation et de rappel des informations mémorisées a été présenté par Bruce et Young, modèle qui fait référence dans la conception cognitive classique [Bruce et Young, 1986] [Bredart et Bruyer, 1994] [Dulong, 1998]. Selon ce modèle qui s'est inspiré de celui de Morton relatif à la reconnaissance visuelle d'objets, il existe différentes étapes successives pouvant conduire, lorsque les conditions sont remplies, au résultat d'une reconnaissance positive (ou d'un jugement d'identité civile en cas de reconnaissance d'un être humain).

22 Sur ce thème, [Dulong, 1998] mentionne le jeu d'enfance de la « bague d'or ». Celui qui a reçu la bague doit apprendre à cacher sa joie sur son visage. Quant à ceux qui la cherchent, ils doivent détecter parmi les autres qui l'a reçue tout en donnant l'impression qu'ils l'ont reçue. C'est un réel exercice de reconnaissance des sentiments communiqués par le visage.

La première étape consiste à analyser les informations perçues. Le cerveau enregistre les éléments visuels (par exemple éléments révélateurs du sexe ou de l'âge, taille, corpulence, visage) et comportementaux (gestuelle, démarche, expressions faciales). En parallèle, d'autres informations sont captées, en particulier celles de nature sonore (timbre et tessiture de voix, accent, vitesse d'élocution) et celles du domaine de l'affect (informations subjectives que la personne observée inspire). En psychologie, cette première étape, essentiellement visuelle, est appelée « acquisition » ou « temps d'exposition ».

La deuxième étape consiste à stocker, dans la mémoire, les informations observées et entendues. C'est « l'encodage », étape qui s'effectue via des unités de reconnaissance faciale, ou *FRUs* (*Face Recognition Units*). Il existe une unité de reconnaissance faciale pour chaque visage mémorisé. Ces unités se complètent d'informations cognitives et sémantiques schématisées dans des *SIUs* (*Semantic Information Units*), c'est-à-dire de renseignements appris (lieu d'habitation, hobby et activité professionnelle par exemple). Ces renseignements nécessitent une mise à jour régulière au fil du temps. Enfin, les informations identitaires de la personne (nom, prénom) seraient stockées dans des *PINs* (*Person Identity Nodes*), parfois appelés *Name Codes*. La distinction entre les *FRUs* et les *PINs* expliquerait pourquoi il arrive de reconnaître quelqu'un sans pour autant retrouver son nom.

La troisième étape est celle de la « rétention », période durant laquelle les informations sont conservées avant d'être rappelées. Bien que passive pour l'individu, cette étape est susceptible de modifier les souvenirs en fonction d'événements quotidiens, de lectures ou de discussions par exemple.

La quatrième et dernière étape est celle du « recouvrement ». Elle intervient lorsqu'il s'agit de rappeler les informations stockées. S'il y a un degré de concordance suffisant entre les informations observées et des informations stockées dans la mémoire au sujet d'une personne en particulier, il y a reconnaissance. Ce résultat provoque la mise à disposition des informations liées à la personne: son nom, son prénom, sa profession, sa nationalité, etc. En langage technique, les psychologues décrivent ce phénomène de façon plus synthétique: une décision de reconnaissance est induite par le système cognitif en fonction de l'activation d'une *FRU*. Si cette décision est positive, les informations décrivant la personne, soit les *SIUs* et les *PINs* sont alors accessibles.

Pour des personnes très familières à l'observateur, le visage n'est pas le seul élément qui donne accès à toutes ces informations. La voix, la démarche ou la simple silhouette peut déclencher le même processus. L'environnement d'une observation peut aussi jouer un rôle [Zhao et al., 2003]. Ainsi, l'accès aux informations d'un vi-

sage toujours associé à un environnement spécifique peut être perturbé si le visage en question est placé dans un environnement inhabituel (croiser sa boulangère chez son dentiste par exemple).

La capacité du cerveau à retrouver une information (donc à pouvoir procéder à une reconnaissance) dépend en grande partie de sa faculté de trier, classer et répertorier des informations. Cette faculté intervient déjà durant l'étape d'acquisition et plus encore durant celle d'encodage. Elle est aussi déterminante dans la quatrième étape puisque seules les informations bien catégorisées sont susceptibles d'être retrouvées. En termes psychologiques, cette faculté est nommée perception catégorielle.

3.2.1. Perception catégorielle

« Categorization, the process by which distinct entities are treated as equivalent, is one of the most fundamental and pervasive cognitive activities. It is fundamental because categorization permits us to understand and make predictions about objects and events in our world » [Medin et Aguilar, 1999](pp.104). Parmi tous les stimuli reçus, le cerveau humain est obligé de constituer des catégories. Et sa façon de procéder respecte un principe bien connu en science forensique: du général au particulier. Par exemple, parmi tous les stimuli, le cerveau peut constituer la catégorie des couleurs. Puis, face au spectre de toutes les couleurs visibles, la catégorie du rouge peut être faite, puis celle du rouge clair (parmi plusieurs rouges). Autre exemple, celui de l'apprentissage d'une langue qui procède aussi par perception catégorielle des sons. La catégorisation s'effectue en fonction des similarités et des dissemblances que le cerveau est capable d'établir parmi tous les stimuli, puis, au sein d'une même classe de stimuli. À chaque catégorie correspondent des critères précis, ou attributs. Lorsque ces attributs sont fréquents au sein d'une catégorie et rares parmi les autres, les psychologues les intitulent prototypes. Mais il convient de garder à l'esprit que le processus de catégorisation est en constante interaction avec la perception. En effet, la catégorisation dépend en partie des facultés de perception, lesquelles alimentent les critères permettant de constituer des catégories.

Pour l'examen sommaire d'une personne, le processus de catégorisation s'effectue selon des attributs très généraux, rapides à discerner: le sexe apparent, la tenue vestimentaire, la classe d'âge ou la taille, par exemple. À noter que cette première catégorisation conditionne déjà les suivantes en ce sens que si la personne observée est catégorisée « homme », l'observateur poursuivra son examen sur des traits spé-

cifiques aux hommes, traits différents de ceux retenus pour la catégorie « femme ». Cette attitude est appelée sélectivité de l'attention. Il est aussi intéressant de relever que lorsque les personnes observées sont du même genre et du même âge que l'observateur, celui-ci parvient mieux à les catégoriser [Brewer et al., 2005].

L'examen des visages appelle quant à lui des caractéristiques particulières, plus fines. Parmi tous les attributs d'un visage qui interviennent dans l'évaluation d'une identité, les psychologues distinguent les attributs externes et internes [Jarudi et Sinha, 2003]. Les premiers sont, par exemple, la couleur de la peau, la forme générale du visage, la forme de la mâchoire, la coupe et la couleur des cheveux. Puis la classification s'affine avec les attributs internes que sont la forme et la couleur des yeux, la forme du nez et la forme de la bouche par exemple. Lorsque le visage observé ne possède pas encore d'unité de reconnaissance, ce sont les caractéristiques externes qui sont évaluées en détail. Lorsqu'un visage est observé à grande distance ou sur une photographie dont la résolution est de médiocre qualité, ce sont aussi les caractéristiques externes qui sont les plus déterminantes (les autres sont trop difficiles à évaluer). Par contre, pour un visage familier, dans de bonnes conditions d'observation, ce sont les caractéristiques internes qui permettent de formuler un jugement d'identité. C'est pourquoi les spécialistes arrivent à la conclusion que le système visuel humain utilise une stratégie non linéaire en combinant les attributs internes et externes en fonction des circonstances [Jarudi et Sinha, 2003].

Le processus de catégorisation actif pour l'acquisition des informations, leur encodage, leur rétention et leur rappel peut être schématisé en un réseau. Cette approche s'inspire de celle développée par les psychologues (*face-space framework* [Huart, 2005]): en fonction de ses attributs, chaque visage mémorisé est un point dans un espace euclidien multidimensionnel représentant des catégories et des sous-catégories (cf. figure 3.1). Selon cette conception, chaque visage est caractérisé, d'une part, par la façon dont ses attributs ont été catégorisés et, d'autre part, par sa distance avec les autres visages. Ainsi les visages considérés comme très atypiques n'ont pas d'autres visages à proximité, ce qui les rend plus faciles à reconnaître (*distinctiveness effect* [Bredart et Bruyer, 1994] [Brewer et al., 2005]).

Lorsque les attributs d'un visage observé correspondent à une combinaison de catégories pour laquelle aucune entité préalable n'est présente, le cerveau en crée une nouvelle (c'est l'encodage, ou la création d'une *FRU*). Lorsque les attributs d'un visage observé correspondent en tout point à une combinaison déjà répertoriée, les informations mémorisées sont réactivées (c'est le recouvrement). La réalité est beaucoup plus complexe, subtile et mouvante, mais une telle simplification permet d'appréhender les principaux modes de fonctionnement de la mémoire.

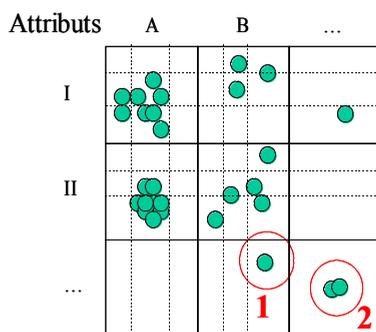


Fig. 3.1 - Schématisation de la catégorisation de personnes (représentées par des points) selon leurs attributs.

Dans l'exemple de la figure 3.1, la personne située dans la zone 1 est une personne dont les attributs sont bien spécifiques. Aucune autre personne ne partage ses attributs. Une telle configuration permet une individualisation optimale. La zone 2 représente deux personnes qui, malgré le fait qu'elles soient catégorisées de façon différente par rapport aux autres, sont sujettes à confusion (leurs attributs sont difficiles à distinguer, comme ce peut être le cas entre des jumeaux par exemple). Cette approche illustre le fait qu'une reconnaissance devient une décision prise en fonction du degré de similarité qu'il y a entre le visage observé et un visage mémorisé.

La plupart des recherches psychologiques menées sur la reconnaissance des visages mentionnent qu'un témoignage fiable nécessite de bonnes conditions d'acquisition, d'encodage, de rétention et de recouvrement. Il s'avère aussi que la faculté de reconnaissance est favorisée lorsque les paramètres examinés varient entre eux (plus les attributs de deux personnes observées diffèrent, meilleure est leur distinction) [Lindsay et al., 1998]. Alors que la majorité des études ont examiné le processus de reconnaissance avec des visages neutres ou mal perceptibles (visages figurant sur des images ou des films de faible qualité par exemple), certains chercheurs ont évalué la capacité à reconnaître des visages dans de bonnes conditions et selon différents états. Avec une évaluation statistique informatisée, [Yacoob et Davis, 2002] ont déterminé les pouvoirs discriminants de visages pour lesquels différentes photographies étaient réalisées aux états neutres, souriants ou en colère. Ils ont découvert que lorsqu'il y a choix dans les attitudes, les meilleurs pouvoirs discriminants (donc les meilleures performances de reconnaissance) ont lieu avec des visages expressifs. En quittant leur état de neutralité, les visages sont catégorisés de façon plus subtile car ils révèlent des attributs plus nombreux (découverte des dents, expressions des yeux ou plis de la bouche, soit autant de caractéristiques singulières). Et une bonne catégorisation favorise une meilleure reconnaissance. De façon analogue, [Zhao et al., 2003] mentionnent que certains patients souffrant

d'agnosie ne reconnaissent leurs proches que lorsque ceux-ci montrent des expressions. Ces auteurs confirment que les visages en mouvement facilitent le processus de reconnaissance. D'autres chercheurs ont émis l'hypothèse que les visages pouvaient être catégorisés en fonction des émotions qu'ils évoquent [Halberstadt et Niedenthal, 1997]. Ils ont démontré que si deux visages souriants sont montrés à un observateur, celui-ci focalise une partie de son attention sur l'expression de joie qu'il perçoit, ce qui a pour effet de diminuer sa capacité à détecter les différences objectives qu'il y a entre les deux visages. Du reste, dans la vie courante, les visages expressifs attirent davantage l'attention de leur entourage (d'où l'expression « attirer l'attention »). Ces auteurs ont aussi démontré un effet de congruence des émotions: en étant joyeux, un sujet discrimine moins bien deux visages joyeux qu'un observateur neutre. Cet effet est semblable avec un observateur triste et deux visages tristes. Ainsi les observateurs adoptent une façon de catégoriser qui dépend, en partie, de leurs propres émotions²³. Ce type de recherche démontre que les aspects émotionnels prennent très vite le pas sur les autres aspects dans l'analyse d'une situation, dans la catégorisation d'un visage et dans le choix des comportements adoptés.

Dans le contexte où un visage doit être reconnu par un système automatisé, ces constatations ont conduit à complexifier les procédures de saisies. En effet, les visages de personnes enregistrés dans des banques de données sont le plus souvent des visages à l'état neutre, comme c'est le cas sur les photographies de passeports et de cartes d'identité par exemple. En développant des procédures de saisies qui tiennent compte d'expressions variées pour chacun des individus enregistrés, des chercheurs ont prouvé que la sensibilité s'améliorait, soit la capacité de ces systèmes à détecter les visages corrects [Gross et al., 2001] [Lu et Jain, 2006]. Ce type de développement est récent et fait la distinction entre les zones rigides et non rigides du visage.

Le fait de catégoriser des personnes selon leurs attributs, ou de vérifier si une personne observée a déjà été mémorisée, fait appel autant à la capacité de discrimination qu'à celle d'identification. En l'absence de ces capacités, il n'y a pas de catégorisation possible. L'analyse du mode de fonctionnement de la discrimination a été faite en observant de quelle façon un individu traitait les différences apparaissant entre deux visages différents (inter-variabilité). De façon comparable, le mode de fonctionnement du processus de reconnaissance a été analysé en observant com-

23 Toujours selon [Halberstadt et Niedenthal, 1997], il s'avère aussi que les gens de bonne humeur sont davantage disposés à aider les autres, dans la rue par exemple, car ils seraient plus attentifs. Fait intéressant: les gens de mauvaise humeur adopteraient les mêmes comportements (ils sont aussi davantage disposés à aider les autres).

ment un individu était capable de reconnaître une personne dont les attributs s'étaient modifiés, par vieillesse ou changement d'apparence par exemple (intra-variabilité). Ces analyses ont révélé deux effets particuliers : « ... le découpage en catégories induit une moindre capacité de discriminer les membres d'une même catégorie tandis que la capacité de discriminer les membres de catégories différentes se voit accrue, même si la variation objective entre ces membres est équivalente » [Huart, 2005](pp.22). En psychologie, ces effets sont appelés effets d'amplification des critères d'inter-variabilité et effets de minimisation des critères d'intra-variabilité.

3.2.2. Amplification des critères d'inter-variabilité et minimisation des critères d'intra-variabilité

« Every light is a shade, compared to the higher lights, till you come to the sun; and every shade is a light, compared to the deeper shades, till you come to the night. »

John Ruskin (1879)

Observez attentivement l'échiquier de la figure 3.2. La densité de la case A est-elle la même que celle de la case B ?

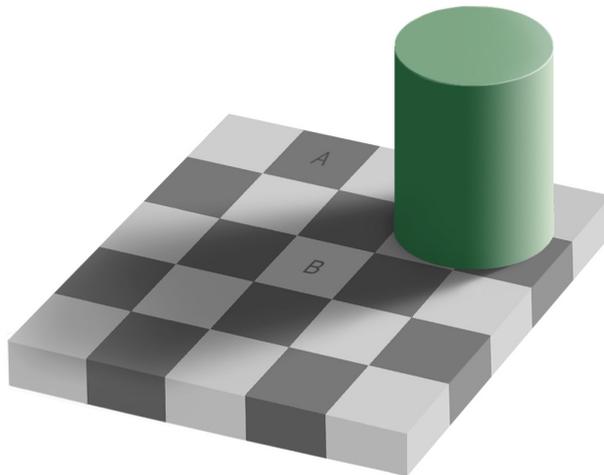


Fig. 3.2 - Échiquier d'Edward H. Adelson (1995, reproduction libre).

Edward H. Adelson, de l'Institut de technologie du Massachusetts, a publié l'image de synthèse de cet échiquier en 1995. Les densités des deux cases, repro-

duites à une certaine distance l'une de l'autre, paraissent différentes. En réalité, elles sont identiques. C'est leur environnement optique (ou « atmosphère » comme défini par l'auteur) qui provoque une illusion de différence.

Lors de l'observation, la couleur de chacune des cases est évaluée relativement aux couleurs des cases environnantes. La densité de la case A, entourée de cases plus claires, est catégorisée foncée par le cerveau. À l'opposé, la densité de la case B, entourée de cases plus sombres, est catégorisée claire. Dès l'instant où le cerveau catégorise de façon distincte les deux densités, il a tendance à en exagérer les différences. Le fait que l'œil estime la luminosité d'une couleur en fonction de son environnement est appelé principe du contraste de luminosité [Adelson, 2000]. L'illusion de différence est produite de façon subtile grâce à l'ombre du cylindre qui permet un dégradé progressif des nuances de gris entre ces deux cases.

Certains dessins de l'artiste néerlandais Maurits Cornelis Escher (1898-1972) avaient permis à Kwan d'illustrer l'idée de changements progressifs et continus auxquels une source peut être soumise (*continuum of sources*) [Kwan, 1977]. C'est le cas par exemple d'une denture qui se modifie au fil du temps jusqu'à atteindre un état très différent de son état initial. Avec l'échiquier d'Adelson, l'idée qui peut être développée est inverse: ce n'est plus la source qui subit des changements en continu, mais son environnement, de telle sorte que deux éléments semblables semblent différer.

Ces effets s'opèrent dans de nombreux domaines d'observation et d'évaluation. Ils agissent aussi lorsqu'un observateur doit décider, face à quelqu'un, s'il s'agit ou non d'un visage déjà mémorisé. Si les attributs des deux visages conduisent l'observateur vers des catégories bien distinctes, le cerveau montrera une propension à exagérer les différences objectives qui existent entre les deux visages, attitude qui peut aller jusqu'à la fausse exclusion. À l'opposé, ces différences auront tendance à être minimisées si les attributs des deux visages conduisent à la même catégorie, attitude qui peut aller jusqu'à la fausse reconnaissance. Ce dernier scénario est celui qui intervient dans la catégorisation de personnes issues d'une autre origine ethnique. Les différences objectives entre les individus sont difficiles à répertorier, ce qui tend à les placer tous dans une catégorie qui s'avère, en l'occurrence, peu sélective (*other-race-effect* [Bredart et Bruyer, 1994] [Brewer et al., 2005]).

Ces effets de minimisation et d'amplification s'écartent d'une analyse strictement objective. Ils peuvent résulter de perturbations lors de l'observation, mais résultent surtout de modifications apportées par la mémoire au fil du temps. C'est pourquoi il est intéressant de vérifier quelles sont les influences qui peuvent perturber la qualité des informations mémorisées.

3.2.3. Distorsion de la mémoire

Les phénomènes qui conduisent des individus à considérer comme réel un événement qui ne s'est jamais passé, ou comme non vécu un événement qu'ils ont vécu, sont les sujets de recherche privilégiés d'Elizabeth F. Loftus. Pour cette psychologue américaine spécialisée sur les processus de distorsion de la mémoire humaine, les découvertes dans ce domaine ne doivent pas être ignorées car elles permettent d'évaluer la validité des informations issues de témoignages. La mémoire n'est pas fiable car elle est malléable et le système mnésique peut être contaminé par des suggestions et des illusions. Des souvenirs se perdent, se créent, se modifient [Loftus, 2003a].

Face à un événement, la mémoire est faillible car elle ne fonctionne pas par acquisition d'images photographiques, images stockées puis récupérées telles quelles, mais par phénomène constructif et reconstructif en perpétuelle mutation. Il n'y a pas d'enregistrements passifs, mais traitements actifs d'informations sensorielles qui sont sélectionnées, analysées, synthétisées, parfois écartées. La mémoire étant perpétuellement transformée, [Dulong, 1998] relève que son fonctionnement le plus remarquable est moins de stocker des informations que de garder une aptitude à décrire un événement vécu malgré une profusion d'interférences diverses.

Ainsi un témoin ne se rappelle pas exactement ce qu'il a vu, mais ce qui s'avère logique selon des schémas et des connaissances acquises. Ce mode de fonctionnement de la mémoire est la première cause de la possible création de faux souvenirs. Par rapport à un événement original, de petits détails peuvent être modifiés, disparaître ou prendre davantage d'ampleur qu'ils n'en ont eu dans la réalité. Dans ce dernier cas, les spécialistes parlent d'inflation de la mémoire, phénomène qui implique l'imagination. La plausibilité d'un fait peut aussi jouer un rôle non négligeable sur la façon dont la mémoire altère les souvenirs.

L'inflation de la mémoire

À vouloir se convaincre d'un événement, ou à force d'entendre son entourage considérer qu'un événement a eu lieu, il est possible de l'intégrer comme s'il avait réellement existé. [Loftus, 2001] illustre ce phénomène, appelé inflation de la mémoire, par diverses expériences. Des individus sont interrogés sur une action précise (exemple: «*avez-vous déjà cassé une vitre ?*»). Ceux qui répondent négativement doivent ensuite décrire, par l'imaginaire, la façon dont ils auraient pu réaliser l'action en question. Après un certain délai, la question initiale est à nouveau posée. Ce genre d'expérimentation révèle qu'un pourcentage non négligeable

des réponses négatives devient positif (pourcentage pouvant aller jusqu'à 35%). D'autres expériences réalisées avec la participation active des proches ou l'utilisation d'images truquées ont conduit à faire croire à un sujet qu'il avait participé à un événement qu'il n'avait pourtant jamais vécu: avoir serré la main d'un personnage qu'il n'est pas possible de rencontrer en un certain endroit, avoir réalisé un vol en montgolfière [Loftus, 2003a] ou s'être perdu dans un grand centre commercial [Loftus, 2002]. Les sujets peuvent aller jusqu'à donner de multiples détails et à exprimer des émotions pour les souvenirs d'événements pourtant jamais vécus (ce sont les *rich false memories*). Ces faux souvenirs ont aussi la capacité d'influencer le comportement des sujets. Si les faux souvenirs concernent une allergie alimentaire ou une antipathie envers une personne, le sujet va modifier ses choix alimentaires ou ses attitudes face à la personne concernée [Loftus, 2003b]. Puisque la suggestion peut produire de faux souvenirs, riches en détails et en émotions, le fait de raconter un événement avec détails et émotions n'implique pas nécessairement que l'événement se soit passé. Ce point touche à une problématique délicate: celle de personnes qui, à force d'être invitées à se souvenir de trauma ou de violences, finissent par fournir des informations considérées comme preuve de ces événements [Loftus, 2002].

Il est important de noter que la façon dont une question est posée peut déjà provoquer une inflation de la mémoire. Ainsi la question : « *à quelle vitesse roulaient les voitures au moment où elles se sont percutées ?* » induit aussitôt l'image que les véhicules se sont heurtés, et l'estimation de la vitesse sera supérieure avec le mot « *percutées* » qu'avec le mot « *touchées* » [Loftus, 2002] [Loftus, 2003b].

Ces expériences démontrent que l'imaginaire joue un rôle déterminant dans la formation des souvenirs. Selon [Loftus, 2001], l'imagination est même plus importante que la connaissance dans le processus mnésique. Sur ce thème, les spécialistes distinguent deux phénomènes distincts. Le premier fait référence aux cas de figure où l'imagination pousse des sujets à croire en de faux souvenirs qu'ils sont les seuls à défendre. Un exemple représentatif est celui de personnes qui ont entendu maintes fois la description de l'incendie de leur maison familiale. Elles finissent par s'en souvenir alors qu'elles n'étaient, en fait, pas nées au moment des faits. C'est « l'illusion de la mémoire ». Par opposition, l'expression « fausses croyances » est utilisée dans les cas de figure où les sujets adhèrent à une croyance incorrecte, mais sans se sentir impliqués dans ce qui s'avère faux (croire que l'homme n'a jamais été sur la lune par exemple). Certaines personnes semblent davantage vulnérables à ce phénomène d'altération des souvenirs par l'imagination. C'est le cas des personnes ayant des troubles de la mémoire, des troubles d'attention ou sujettes à des confusions.

L'influence de la plausibilité

Plusieurs chercheurs ont examiné l'influence que pouvait avoir la plausibilité d'un événement sur sa mémorisation. Cette approche est intéressante car il semble, à première vue, que seuls les événements plausibles peuvent être acceptés dans le vécu d'un sujet. [Mazzoni et al., 2001] ont démontré que des sujets qui jugeaient un événement non plausible (l'envoûtement par exemple) pouvaient être amenés à le considérer, après influences suggestives, comme plausible. Sur 65 sujets testés, près de 15% ont ainsi modifié leur jugement. Pour certains de ces sujets, les auteurs ont même réussi à les conditionner pour qu'ils croient avoir vécu l'événement qu'ils jugeaient, initialement, non plausible. [Loftus, 2002] a aussi démontré que le taux de plausibilité d'une croyance pouvait être influencé par la lecture d'articles, la participation à des séances d'information ou la projection de films.

Prises dans leur ensemble, ces études montrent que le sentiment personnel de plausibilité peut être influencé par des informations lues, entendues ou par des événements vécus. Ces influences peuvent rendre plausible un fait jugé initialement non plausible. Cette constatation est importante car la plausibilité facilite l'intégration d'un événement dans la biographie d'un sujet.

3.2.4. Conclusion partielle

Le processus de reconnaissance d'un visage est soumis au fonctionnement de la mémoire. Quatre étapes issues du modèle de Bruce et Young ont été présentées: l'acquisition, l'encodage, la rétention et le recouvrement. La capacité du cerveau humain à traiter des informations selon ces quatre étapes se fait par perception catégorielle, mécanisme qui tend, en certaines circonstances, à amplifier les critères d'inter-variabilité et à minimiser les critères d'intra-variabilité. Des différences entre ce qui est réel et ce qui est mémorisé sont possibles par effet de distorsion de la mémoire, distorsion causée en grande partie par l'inflation, l'imaginaire et l'impact de la plausibilité. La mémoire est ainsi complexe car elle est la somme de plusieurs états: « *People's memories are not only the sum of all that they have done, but there is more to them: The memories are also the sum of what they have thought, what they have been told, what they believe [...] We seem to reinvent our memories, and in doing so, we become the person of our own imagination* » [Loftus, 2003b](pp.872).

Dans le domaine de la justice, il est important de prendre en compte qu'un témoignage est le rappel d'une mémoire reconstruite, faite d'éléments en partie fac-

tuels, en partie de fiction. En conséquence, les vrais souvenirs ne peuvent pas être distingués des faux et la plausibilité d'un témoignage n'est pas le garant de sa véracité. De plus, dans bien des cas, il convient de garder à l'esprit qu'il est très difficile de déterminer si la mémoire se trompe ou si elle révèle un événement oublié.

Le mode de fonctionnement de la mémoire ayant été présenté dans ses grandes lignes, il serait dès lors utile d'examiner de quelle façon il intervient dans le processus de reconnaissance d'une personne décédée. À cet effet, l'étape suivante consisterait à consulter différentes études réalisées dans ce domaine spécifique. Mais si la mise en place d'expériences contrôlées est possible pour le processus de témoignage dans un cadre pénal habituel, il n'en va pas de même pour le processus de reconnaissance d'une personne décédée. Dans ce dernier cas, de par son contexte particulier, des expérimentations contrôlées ne sont pas envisageables.

Pour palier à cette problématique, il est proposé de s'inspirer des enseignements tirés des études consacrées aux témoignages habituels. Parmi les recommandations et les méthodes mises en place pour rendre ces témoignages plus fiables, il s'agira ensuite d'identifier celles qui peuvent être retenues.

3.3. Témoignages: généralités

La majorité des études scientifiques portant sur la fiabilité du témoignage dans un contexte pénal se rapporte aux cas de témoins confrontés, durant un certain temps, à une ou plusieurs personnes. D'habitude, deux scénarios sont présentés:

- ◆ Premier scénario: un témoin a vu une personne et doit la décrire aux enquêteurs. Il s'agit d'un processus de **description**.
- ◆ Second scénario: un témoin a vu une personne et doit indiquer s'il la reconnaît parmi des photographies ou parmi des personnes qui lui sont présentées. Il s'agit d'un processus de **sélection**.

Le premier scénario ne sera pas retenu pour la suite de ce travail car il joue un rôle mineur dans le processus de reconnaissance d'une personne décédée. À noter toutefois que les études psychologiques qui ont examiné ce scénario indiquent qu'un témoin qui décrit verbalement une personne voit sa capacité à la reconnaître diminuer [Brewer et al., 2005] [Arnould, 2006b]. Ce résultat peut sembler contraire à l'intuition. Mais certaines expériences démontrent que la verbalisation peut affecter

ter, de façon faible mais tout de même significative, la capacité à reconnaître. Lorsque le témoin n'a pas de réponse précise, il pourrait être amené à combler ses lacunes par l'imaginaire, générant ainsi des erreurs. Au moment de la confrontation, lorsqu'il recourt à sa mémoire visuelle, il pourrait aussi faire appel à sa mémoire verbale, laquelle jouerait son rôle perturbateur. En 1990, Schooler et Engstler-Schooler ont qualifié cet effet, fragile et non systématique, d'ombrage verbal (*verbal overshadowing*).

Dans le domaine judiciaire, où il est courant que le premier scénario précède le second, une question essentielle, pour les hommes de loi comme pour les enquêteurs, est de savoir comment évaluer la fiabilité d'un témoignage. Aux États-Unis où 77'000 suspects sont désignés par reconnaissance chaque année, la Cour suprême retient cinq critères comme étant des indicateurs de fiabilité [Wells et al., 1998]. Il s'agit:

1. de l'opportunité du témoin à voir l'auteur au moment de l'événement,
2. du degré d'attention du témoin,
3. de la précision de la description du témoin,
4. du degré de confiance exprimé par le témoin et
5. du temps écoulé entre l'événement et la procédure de témoignage.

Pour vérifier si ces critères sont pertinents, de nombreuses expérimentations ont été réalisées en conditions contrôlées. Mais avant de présenter les principaux résultats de ces études consacrées aux témoignages, il convient de définir quelques expressions propres à ce domaine.

Confrontations. En anglais *line-up*, en français parades, tapissages ou confrontations. Ces termes désignent la séance au cours de laquelle le témoin est invité à se déterminer sur l'apparence d'individus (figurants et suspects). La confrontation peut se faire derrière une vitre sans tain ou en visionnant des photographies.

Confrontation simultanée. Toutes les personnes sont présentées en une seule fois au témoin.

Confrontations séquentielles. Les personnes sont présentées en plusieurs groupes distincts.

Administrateur. Personne qui supervise la confrontation. Il connaît l'affaire mais n'est pas en contact avec le témoin.

Conducteur. Personne qui accompagne le témoin et lui donne les instructions. En règle générale, c'est un policier.

Sélectionneur. Témoin qui désigne une personne ou une photographie. Le témoin qui ne désigne personne ou aucune photographie est qualifié de non sélectionneur²⁴.

Cible présente/absente. La personne à reconnaître est soit présente parmi les personnes montrées au témoin, soit absente²⁵.

Instructions. Informations données par le conducteur au témoin (avant, pendant et après la confrontation). Les instructions peuvent être qualifiées de biaisées. C'est le cas lorsque le conducteur omet de dire au témoin que la cible peut être présente ou absente, ou lorsqu'il influence la détermination du témoin par d'autres comportements.

Similarité d'apparence. Paramètre qui permet d'évaluer la ressemblance physique des personnes présentées au témoin (même taille, même âge, mêmes vêtements, mêmes caractéristiques physiques par exemple).

Test à blanc. Seuls des figurants sont montrés au témoin, lequel reçoit des informations standard. Ce test permet de vérifier la capacité du témoin à résister à la tentation de désigner quelqu'un à tout prix.

Confrontation en double aveugle. Le témoin est rendu attentif au fait que la cible peut être présente ou absente. De plus, le conducteur ne sait pas qui est le suspect placé parmi les figurants. Seul l'administrateur est informé.

3.3.1. Témoignages examinés en conditions contrôlées

Dans les investigations, les témoignages sont très courants. Sur le plan pénal, ils peuvent avoir diverses conséquences. Lorsqu'un témoin désigne un suspect, il augmente la probabilité d'une condamnation. Et si le véritable auteur n'est pas reconnu par le témoin, les services de police peuvent l'écarter et rechercher de nouveaux suspects. C'est donc un moyen d'investigation délicat. Mais grâce au fait qu'il est relativement facile de mettre en place des expériences contrôlées pour vérifier les

24 À noter que ce sont, en règle générale, les sélectionneurs qui sont présents dans les Cours de justice. Les non-sélectionneurs sont écartés du système car les non-reconnaisances sont très souvent considérées comme stériles pour les investigations.

25 Les effets de ce paramètre ne sont évaluables que dans des expériences contrôlées. Dans la réalité, le nombre d'affaires pour lesquelles le véritable auteur est effectivement présent ou absent dans la confrontation n'est pas connu. Mais en tout état de cause, le nombre de cas avec cible absente n'est pas nul puisque des erreurs ont été démontrées par l'ADN notamment [Brewer et Wells, 2006].

différents paramètres en jeu lors d'un témoignage, de nombreuses études ont été faites dans ce domaine [Penrod et Cutler, 1992] [Wells et al., 1998] [Dulong, 1998] [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999] [Wells et Olson, 2003] [Wells et al., 2003] [Memon et al., 2003] [Semmler et al., 2004] [St-Yves et Landry, 2004] [Brewer et al., 2005] [Brewer et Wells, 2006] [Brewer, 2006].

Après quelques considérations sur le témoin, il est proposé de suivre par étapes chronologiques les résultats obtenus par ces études.

Le témoin

Le témoignage est un dispositif oral de reconstruction des circonstances passées. Il met en jeu la plupart des fonctions intellectuelles. C'est pourquoi le témoin doit avoir toutes ses facultés, physiques et psychiques. D'autre part, il ne devrait avoir aucune disposition affective au sujet de l'affaire, en particulier avec la personne qu'il serait amené à désigner [Goldmann, 1994]. Selon [Dulong, 1998], c'est « l'idéal de l'observateur désengagé », expression du philosophe canadien Charles Taylor tirée des débats épistémologiques des XVII^e et XVIII^e siècles. Selon Taylor, les passions font obstacle à la raison. La capacité à rester neutre et objectif implique de traiter les émotions et les sentiments avec distance.

Que le témoin soit un homme ou une femme n'affecte pas la qualité du témoignage. Par contre, les études ont montré que cette qualité dépend du rôle endossé par le témoin dans l'événement (victime ou simple passant par exemple).

L'âge est un paramètre qui peut jouer un rôle. Les meilleurs résultats sont obtenus par des adultes (entre 15 et 60 ans). Dans les configurations de cible absente, les enfants (moins de 15 ans) et les personnes âgées (plus de 60 ans) font davantage d'erreurs car ils ont une certaine propension à vouloir désigner quelqu'un. C'est pourquoi des tests à blanc sont recommandés avec ce type de témoins. Pour obtenir des résultats comparables à ceux de jeunes adultes, les personnes de plus de 60 ans ont besoin d'un temps d'exposition plus élevé et c'est l'étape du recouvrement qui peut présenter des carences (difficultés à se remémorer des détails, influences de la narration par exemple). Pour les enfants, il se pourrait qu'ils n'aient pas toujours une bonne compréhension de la situation et des conséquences lors des confrontations.

Quant au stress, il pourrait provoquer plus d'attention, sans pour autant augmenter le nombre de détails mémorisés.

L'événement

L'importance et la gravité de l'événement jouent un rôle. [Wells et Olson, 2003] ont réalisé un test dans lequel une séquence vidéo était montrée à des participants (témoins). Avant la projection, un premier groupe de participants était rendu attentif au fait que la séquence impliquerait un sac contenant une forte somme d'argent. L'autre groupe n'en était avisé qu'après visionnement. De façon logique, le groupe qui connaissait l'information préalable était plus précis sur les divers éléments de la scène. Des expériences du même type ont montré que lorsqu'une arme apparaît dans une scène, l'effet est inverse. Les témoins ont conscience de la gravité de la situation et l'arme focalise leur attention, ce qui a pour conséquence de diminuer leur capacité à mémoriser d'autres détails. Dans ces conditions, le taux de reconnaissances correctes diminue. Cet effet est appelé *weapon focus effect*. Ainsi les émotions tendent soit à faciliter l'encodage, soit à le freiner.

La durée de l'événement (soit la durée d'exposition pour le témoin) et les conditions d'observation jouent un rôle important. De façon logique, un long temps d'exposition et de bonnes conditions d'observation favorisent la mémorisation et augmentent la probabilité de témoignages corrects. [Memon et al., 2003] indiquent des taux de reconnaissances correctes avec cible présente de 32% pour un temps d'exposition de 12 secondes, taux qui monte à 90% pour 45 secondes ($N=164$). Une longue exposition augmente les possibilités d'observer le visage sous des angles différents et avec diverses expressions. Mais des risques subsistent, même avec de longues durées. En effet, un long temps d'exposition et de bonnes conditions d'observation donnent au témoin le sentiment qu'il doit pouvoir procéder à un choix, ce qui est susceptible de conduire à une fausse reconnaissance.

La période entre l'événement et le témoignage

Pour le témoin, la période entre l'événement et le témoignage constitue l'intervalle de rétention. Toutes les études qui ont porté sur des périodes allant de quelques heures à plusieurs mois mentionnent que l'exactitude d'un témoignage diminue au fil du temps (moins de reconnaissances correctes avec cible présente et plus de fausses reconnaissances avec cible absente). Durant cette période, le témoin peut être soumis à diverses sources d'influences (discussions avec ses proches, avec des policiers, rencontres avec d'autres témoins, informations lues, entendues ou vues dans les médias au sujet de l'affaire dont il a été témoin par exemple). Entendre une version différente de la sienne, peut l'amener à compléter ses perceptions, voire à les rectifier (cf. sous-chapitre 3.2.3, Distorsion de la mémoire).

Le témoignage (la prise de décision)

Le simple fait qu'un témoin soit contacté par les services de police dans le cadre d'une affaire amorce déjà une certaine influence. C'est un facteur dit « social ». En effet, le témoin peut en déduire qu'un suspect a été appréhendé et que le succès de l'enquête dépendra en partie de sa détermination.

Les auteurs qui se sont penchés sur les problèmes de témoignage sont unanimes à souligner l'importance et l'impact des informations données par les enquêteurs, que ce soit avant, pendant, ou après la prise de décision du témoin. Les instructions doivent être non biaisées car elles sont susceptibles de modifier les critères de décision du témoin. Pour éviter de telles influences, il est recommandé de procéder à des confrontations en double aveugle avec six à douze personnes (ou photographies). Lorsque le témoin a donné des informations sur l'apparence de la personne qu'il a vue, il convient de veiller à ce qu'elles soient conformes à celles des personnes présentées. Cette recommandation est fondée sur le fait que la plupart des témoins font des jugements relatifs²⁶: leurs choix se portent spontanément vers la meilleure correspondance possible. Pour contrer cette source d'erreurs, les recommandations sont les suivantes:

- ◆ Réaliser des configurations avec cible absente/présente. Cela a pour effet de réduire les reconnaissances incorrectes lorsque l'auteur est absent, et n'a pas ou peu d'effet lorsqu'il est présent.
- ◆ Adopter des confrontations séquentielles plutôt que simultanées. Les confrontations simultanées favorisent les jugements relatifs, alors que les confrontations séquentielles les freinent.
- ◆ Tendre vers une similarité d'apparence la plus grande possible des personnes présentées dans la confrontation.

Le temps de détermination du témoin (*identification latency*) est considéré comme un bon indicateur de la précision du témoignage. Il est supposé que si le souvenir est fort, le témoin devrait se déterminer rapidement. En effet, les témoignages précis sont ceux qui sont réalisés le plus vite (moins de 10-12 secondes pour 90% de précision). Mais ce paramètre reste indicatif car le temps de détermination peut dépendre de multiples facteurs.

Dans certains cas, il est recommandé de reconstruire le contexte de l'événement pour favoriser le rappel des informations mémorisées (interroger sur les lieux de

26 Le jugement relatif est aussi le mode de fonctionnement qui s'opère lors des choix « par élimination ». Le témoin annonce par exemple: « *Ce ne peut pas être les n° 1,2,3 et 5. Ce doit donc être le 4* ».

l'événement, rappel des circonstances, visite des lieux où s'est déroulé l'événement et aux mêmes heures).

D'autres paramètres plus atypiques peuvent influencer la prise de décision du témoin. Il s'agit par exemple du risque de désigner quelqu'un que le témoin a rencontré au même endroit que celui de l'événement, mais en d'autres circonstances.

La période après le témoignage

Durant plusieurs années, il était admis que ce qui se passait après la prise de décision du témoin avait peu d'importance. Désormais, il a été démontré que divers facteurs peuvent influencer le sentiment de confiance du témoin entre le moment de sa prise de décision et une déposition au tribunal par exemple. Après s'être déterminés, les témoins qui reçoivent un *feedback* positif (« *Parfait, vous avez reconnu le suspect !* ») ou « *Bien, vous avez désigné la même personne que les autres témoins* ») voient leur confiance augmenter. À noter que le *feedback* positif augmente davantage la confiance de ceux qui ont fait une fausse reconnaissance que celle de ceux qui ont fait une reconnaissance correcte. Les témoins qui reçoivent un *feedback* négatif (« *Vous avez désigné un figurant !* », « *Les autres témoins ont indiqué une personne différente* ») ou plus subtil « *Je doute qu'on vous recontacte* ») voient leur confiance diminuer. Chacun de ces effets est appelé *postidentification feedback effect*. Ainsi confirmer ou infirmer la décision des témoins conduit à des distorsions de leur sentiment de confiance. Il est important de mentionner que les *feedbacks* en question peuvent être soit entendus, soit simplement perçus. C'est le cas lorsque le conducteur ne dit rien mais que son comportement non verbal est interprété de façon positive (sourire) ou négative (geste d'agacement, soupir). Les études démontrent que les principales caractéristiques de ces *feedbacks* sont les suivantes:

- ◆ [Semmler et al., 2004] ont montré que les effets des *feedbacks* s'appliquent à toutes les configurations (instructions biaisées et non biaisées, cibles absente et présente) ainsi qu'à toutes les déterminations possibles (reconnaisances correctes et incorrectes, rejets corrects et incorrects). Les effets les plus importants ont lieu dans la configuration d'instructions biaisées, cible absente et reconnaissance incorrecte.
- ◆ Les *feedbacks* ont des effets sur la façon dont le témoin se rappelle les conditions de l'événement original. Donner un *feedback* positif conduit le témoin à augmenter sa confiance, mais aussi à surestimer sa vue ou son de-

gré d'attention par exemple. Cet aspect associé à l'inflation de la mémoire est peut-être le plus pernicieux.

- ◆ Plus le temps passe et plus le témoin devient vulnérable aux effets des *feedbacks*. Ce phénomène est lié au fait que la mémoire s'estompe au fil du temps et que le témoin s'en remet de plus en plus au jugement des autres.

Les *feedbacks* influencent ainsi la crédibilité d'un témoignage. Pour éviter ces effets, il est recommandé de procéder à des confrontations en double aveugle et de s'enquérir du sentiment de confiance tout de suite après la détermination du témoin.

Conclusion partielle

L'ensemble des expériences réalisées en conditions contrôlées a démontré que les cinq points retenus par la Cour suprême des États-Unis ne constituaient pas des paramètres appropriés pour vérifier la fiabilité d'un témoignage. Par exemple, la qualité de la description s'avère peu corrélée à la précision du témoignage. Par contre, ces expériences ont désigné plusieurs paramètres susceptibles de jouer un rôle perturbateur dans les témoignages, paramètres dont les plus déterminants sont les conditions de mémorisation, les influences des informations données au témoin et l'impact des différentes formes de confrontation.

Des cinq points retenus par la Cour suprême, un seul focalise la majorité des études réalisées dans ce domaine: la confiance qu'exprime le témoin sur la précision de son témoignage.

3.3.2. Relation confiance – exactitude

Les jurés, les policiers et d'autres intervenants s'accordent à considérer que la confiance est le critère privilégié pour estimer l'exactitude d'un témoignage. Et ce critère a parfois des effets surprenants. Lorsque le témoin exprime une grande confiance, les juges ont tendance à ignorer les conditions de témoignage. Par contre, ils les considèrent lorsque la confiance est faible.

Partant de l'opinion répandue que la confiance était un bon indicateur de l'exactitude d'un témoignage, donc de sa fiabilité, plusieurs auteurs ont analysé cet aspect en détail [Penrod et Cutler, 1992] [Wells et al., 1998] [Brewer et al., 2005] [Brewer, 2006] [Brewer et Wells, 2006] [Arnould, 2006a].

La théorie de la détection du signal est une des théories qui défend la relation confiance – exactitude. Selon elle, la confiance ressentie par un témoin dépend de

la force de l'élément mémorisé, force qui détermine à son tour la précision du souvenir. D'autres théories considèrent que le jugement de confiance est guidé par des preuves accumulées en faveur d'un choix contre la réponse alternative. Lorsque ces preuves sont en faveur d'un choix, la précision est grande et la confiance s'accroît. Malgré ces théories, des arguments subsistent pour considérer que la confiance serait une détermination d'après décision, détermination qui pourrait dès lors être influencée de différentes manières (dont celle du *postidentification feedback*).

La confiance ressentie par un témoin est un paramètre subjectif, donc délicat à évaluer. Parmi les recherches effectuées dans ce domaine, il est possible de distinguer deux approches distinctes: celle examinant la relation confiance – exactitude via un coefficient de corrélation et celle examinant cette relation par mesure de calibrage.

◆ ***Relation confiance – exactitude: par coefficient de corrélation***

Reconnaître ou non une personne constitue une variable dichotomique, binaire. Par contre, estimer la confiance d'un témoignage fait appel à une échelle pouvant s'exprimer, par exemple, en pourcentages. C'est une variable quantitative. La combinaison de ces deux variables est possible par un coefficient de corrélation qui exprime l'ampleur du lien entre ces deux variables. Un coefficient nul indique qu'il n'y a pas de relation linéaire entre les deux variables. Une valeur de +1 indique une relation positive parfaite, une valeur de -1 une relation négative parfaite.

En collationnant les résultats de 16 études réalisées dans les années 1980, des psychologues ont évalué la corrélation confiance – exactitude à 0,23 [Penrod et Cutler, 1992]. D'autres études réalisées jusqu'en 1995 apportent des valeurs comparables comprises entre 0,08 et 0,29 [Arnould, 2006a], valeurs qui sont assez modestes par rapport à ce que l'intuition pourrait laisser supposer. Dans certaines circonstances, des valeurs peuvent être supérieures. C'est le cas de témoignages pour lesquels les témoins ont bénéficié de conditions de mémorisation optimales. Dans ces cas, la valeur de corrélation peut atteindre 0,59 [Lindsay et al., 1998], le paramètre le plus influent étant celui des conditions d'acquisition (plus le temps d'observation est élevé, plus la corrélation confiance – exactitude est élevée) [Penrod et Cutler, 1992] [Mazzoni et al., 2001] [Memon et al., 2003] [Brewer, 2006]. Il est intéressant de relever que les conditions qui conduisent à un haut degré de confiance pour des reconnaissances correctes conduisent aussi à un haut degré de confiance pour les reconnaissances incorrectes. En d'autres termes, les participants testés sous des

bonnes conditions ont tendance à avoir confiance, cela même avec des réponses incorrectes.

◆ **Relation confiance – exactitude: par calibrage**

Le coefficient de corrélation entre la confiance et l'exactitude présuppose que la relation entre ces deux variables soit linéaire. Or cette relation est plus complexe. De nombreux paramètres peuvent l'influencer: les conditions d'observation, l'état physique et psychologique du témoin, les informations concordantes ou contradictoires données par les enquêteurs ou par d'autres témoins [Brewer, 2006] [Arnould, 2006a]. Selon certains auteurs, le coefficient de corrélation masque l'influence de ces différents paramètres, ce qui les a conduits à examiner cette relation avec d'autres moyens. Ainsi, en lieu et place des valeurs de corrélation, des chercheurs expriment la relation confiance – exactitude par un graphe qui intègre, en abscisse, les valeurs subjectives de confiance et, en ordonnée, les valeurs objectives d'exactitude. Le calibrage parfait est linéaire (0% de confiance pour 0% d'exactitude jusqu'à 100% de confiance pour 100% d'exactitude). La réalité est une courbe qui passe par des états de sous-confiance (pourcentage de confiance plus faible que celui d'exactitude) ou de sur-confiance (pourcentage de confiance plus élevé que celui d'exactitude, cf. figure 3.3).

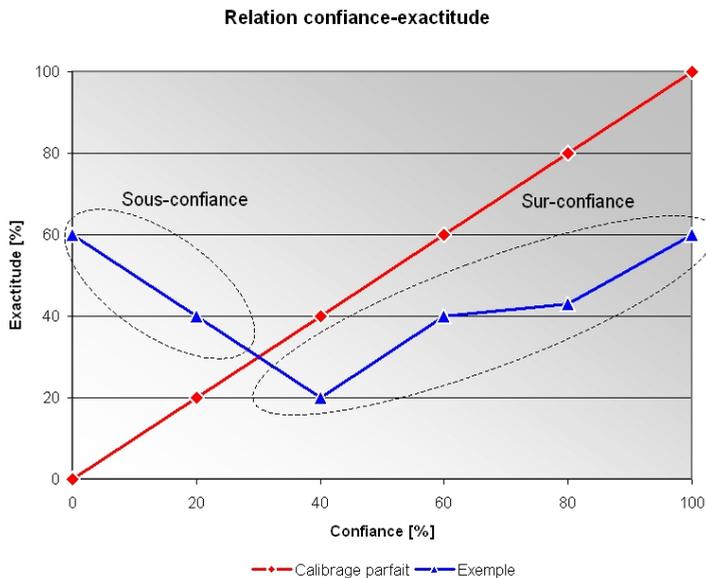


Fig. 3.3 - Courbes de calibrages confiance – exactitude (selon [Arnould, 2006a]).

L'état de sous-confiance peut s'expliquer par de mauvaises conditions de mémorisation, par manque d'intérêt, surcharge ou stress par exemple. L'état de surconfiance est plus surprenant car il n'implique plus une perte compréhensible d'informations, mais l'apparition d'informations considérées comme réelles alors qu'elles n'existent pas. C'est le phénomène d'inflation de la mémoire.

L'évaluation par calibrage montre des résultats sensiblement plus optimistes que ceux révélés par coefficient de corrélation [Brewer et al., 2005].

Toujours sur la façon d'évaluer le rapport entre la confiance et l'exactitude, Brewer a développé trois indices statistiques [Brewer, 2006] [Brewer et Wells, 2006]. Le premier, l'indice de calibrage *C*, permet d'indiquer de combien un échantillon dévie du calibrage parfait (de 0, variation nulle, à 1, variation maximale). Le second, l'indice *O/U* (*Overconfidence/Underconfidence*), permet de savoir si des sujets sont plus ou moins confiants en fonction de l'exactitude de leur témoignage. Cet indice peut varier entre -1 (sous-confiance maximale) à $+1$ (sur-confiance maximale). Le dernier indice, la résolution, permet d'évaluer de combien les jugements de confiance peuvent discriminer les décisions correctes et les décisions incorrectes. L'indice varie entre 0 (absence de discrimination) à $+1$ (discrimination parfaite).

Qu'elle ait été déterminée par coefficient de corrélation ou par calibrage, cette relation confiance – exactitude est plus élevée chez les sélectionneurs que chez les non-sélectionneurs [Wells et al., 1998] [Brewer et Wells, 2006]. Les valeurs sont de l'ordre de 0,50 pour les sélectionneurs contre 0,10 pour les non-sélectionneurs. Dès lors la confiance d'un témoin n'est pas le garant d'une information fiable. En d'autres termes, les magistrats et les policiers doivent savoir qu'un témoin confiant n'a guère plus de chances de fournir des informations exactes qu'un témoin non confiant.

La question peut se poser de savoir si le sentiment de confiance exprimé par un témoin correspond à la confiance évaluée par l'enquêteur. Pour répondre à cette question, [Lindsay et al., 2000] ont réalisé une expérience avec des étudiants ($N=144$); la moitié d'entre eux étaient témoins, l'autre moitié enquêteurs. Chaque témoin, après avoir visionné une séquence vidéo, était interrogé par un enquêteur et devait désigner une personne parmi des photographies présentées. La confiance exprimée par les témoins s'est avérée plus fiable que celle estimée par les enquêteurs. Ce résultat est intéressant, même s'il est délicat à extrapoler pour des enquêteurs professionnels.

La difficulté de pouvoir compter sur la confiance d'un témoin s'explique en grande partie par le fait que la confiance est un sentiment malléable.

Malléabilité de la confiance

Comme indiqué au sous-chapitre 3.3.1 (Témoignages examinés en conditions contrôlées), les témoins ajustent leur sentiment de confiance en fonction du *feedback*. Lorsque le *feedback* est positif, les témoins considèrent qu'ils ont été précis, ce qui fait augmenter leur sentiment de confiance. Lorsque le *feedback* est négatif, ils considèrent qu'ils ont été imprécis, ce qui fait diminuer leur sentiment de confiance. Ce caractère malléable de la confiance pourrait provenir du fait que le témoin cherche inconsciemment à défendre son choix plutôt qu'à évaluer de façon objective son sentiment.

En plus des influences de *feedbacks*, différents contextes peuvent modifier le sentiment de confiance [Wells et al., 1998]:

- ◆ Les témoins interrogés de façon répétée deviennent de plus en plus confiants.
- ◆ Les témoins qui ont été préparés aux questions qui pouvaient leur être posées sont davantage confiants. Ce phénomène touche en particulier les témoins initialement peu précis.
- ◆ Le sentiment de confiance peut être manipulé via le degré de similarité d'apparence des personnes présentées. Lorsque le suspect est le seul à correspondre à la description du témoin, le sentiment de confiance est plus élevé qu'en cas d'homogénéité.
- ◆ En conséquence du point précédant, les contextes favorisant les jugements relatifs affectent le sentiment de confiance.

Conclusion partielle

La relation confiance – exactitude est une relation complexe. La plupart des études réalisées montrent que le sentiment de confiance est un indicateur modeste pour les sélectionneurs, et encore plus faible pour les non-sélectionneurs. La confiance est un sentiment malléable car son évaluation dépend d'informations stockées dans la mémoire et ainsi soumises à ses aléas. Ces considérations conduisent à s'enquérir du sentiment de confiance du témoin au moment même de sa détermination. Les expériences en conditions contrôlées montrent que le respect de cette recommandation neutralise les effets de *feedbacks*. C'est aussi au moment de sa prise de décision que le sentiment de sur-confiance, s'il apparaît, est le plus faible [Brewer et Wells, 2006]. Lorsque le témoin est interrogé sur ce sentiment en d'autres moments (au tribunal par exemple), il relaye une information modifiée par de nombreuses influences. Certains psychologues considèrent même que le senti-

ment de confiance indiquée bien après la confrontation reflète les influences sociales plutôt que le réel sentiment du moment de la prise de décision [Brewer, 2006].

Il n'existe ainsi pas d'outils parfaits pour évaluer l'exactitude d'un témoignage. Ce constat est une conséquence du mode de fonctionnement de la mémoire humaine, de son aptitude à déformer les faits, à les effacer ou à les inventer. Pourtant, il serait incorrect d'écarter la preuve du témoignage à cause de sa faillibilité. Ce moyen d'investigation permet de formuler de nouvelles hypothèses, de découvrir des indices, de donner accès à des éléments nouveaux. Mais il convient d'en connaître les limites [Dulong, 1998] [St-Yves et Landry, 2004].

3.3.3. Témoignages erronés

Le processus de reconnaissance n'est pas infaillible. Des erreurs peuvent se produire, dans la vie courante comme dans les affaires pénales [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999] [Loftus, 2002] [Loftus, 2003b] [St-Yves et Landry, 2004] [Brewer et Wells, 2006]. Dans certaines affaires judiciaires pour lesquelles seuls des témoignages avaient conduit à désigner des auteurs, des tests ADN réalisés *a posteriori* ont apporté la preuve d'erreurs sur les personnes, erreurs causées par des témoignages réalisés en toute bonne foi. À ce sujet, de nos jours, plus de 75% des erreurs judiciaires détectées par l'ADN concerneraient des erreurs de témoignages [Wells et al., 1998] [Wells et Olson, 2003]. En 1999, aux États-Unis, 7'500 personnes auraient été injustement condamnées suite à des témoignages [Loftus, 2003a]. Depuis l'application à large échelle des techniques génétiques au début des années 1990, le nombre de recherches sur la fiabilité du témoignage n'a cessé d'augmenter. Pourtant, la quasi-totalité des études qui visent à comprendre le processus de reconnaissance et à en identifier les facteurs perturbateurs sont des études de psychologie cognitive et sociale. C'est la seule source de données empiriques à ce sujet.

Différents modèles expliquent comment une personne en arrive à formuler un témoignage erroné: modèle de Kassin et Wrightsman, modèle de Ofshe et Leo, modèle de Gudjonsson [St-Yves et Landry, 2004]. Ces différents modèles relèvent tous la vulnérabilité du témoin en certaines circonstances. Une fausse confession peut être volontaire et formulée par résignation (pour mettre un terme à une audition par exemple), par persuasion des enquêteurs (le suspect en arrive à confesser quelque chose qu'il n'a pas commis ou pas vu), pour mettre un terme à une situation

de grand stress, de fatigue, ou encore suite à des pressions internes ou externes (comme des pressions provenant des membres de la famille par exemple).

En 1998, afin de prévenir au maximum les erreurs possibles dans les témoignages, le Département de Justice américain a mandaté un groupe de travail qui s'est penché sur la manière dont les témoignages étaient collectés. Ce groupe de travail multidisciplinaire a rédigé un guide apportant des recommandations sur la façon d'auditionner des témoins, des avertissements, des mises en garde et des procédures précises en matière de témoignages [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999]. La majorité des publications précitées donnent aussi, de façon directe ou indirecte, des recommandations sur:

- ◆ la forme à donner aux confrontations pour éviter les risques de jugements relatifs,
- ◆ l'importance du respect de la similarité d'apparence des personnes présentées,
- ◆ les instructions à donner au témoin,
- ◆ les comportements à écarter et ceux à favoriser de la part des enquêteurs (influences verbales et comportementales, directes et indirectes),
- ◆ l'importance de documenter le sentiment de confiance du témoin juste après sa détermination.

Il existe encore quelques points qui permettent de détecter des témoignages erronés. Le premier consiste à vérifier si le témoignage conduit à découvrir des éléments de preuve qui n'étaient pas connus des enquêteurs et qui sont avérés. Un autre point consiste à vérifier si le témoin annonce des détails qui n'étaient pas connus du public, de son entourage ou des personnes qu'il a pu côtoyer avant son audition.

Si l'introduction progressive des enregistrements audiovisuels est un moyen efficace pour s'assurer que les témoignages ont été recueillis en bonne et due forme, elle ne garantit en rien l'authenticité des informations livrées. De telle sorte que le risque de confessions erronées ne doit jamais être ignoré. En cas de témoignage oculaire, Loftus propose même une variante de la formule citée à la Cour: « *Do you swear to tell the truth, the whole truth, or whatever it is you think you remember ?* » [Loftus, 2002](pp.41).

3.4. Témoignages dans le contexte d'un décès

« Visual recognition of a body may be the only criterion accepted in some countries for victim identification. In many cases, however, the results of such an unscientific approach have later proved to be inaccurate.

This can lead to serious embarrassment and distress and may also cause legal difficulties in the victims' home countries. It is best, therefore, to ensure that accurate identification is achieved by evaluating a combination of criteria and not to rely solely on visual recognition.»

[Interpol, 1998](point 3.2)

La reconnaissance est un processus d'identification souvent considéré avec scepticisme et condescendance lorsqu'il concerne des personnes décédées. Ce processus est pourtant appliqué de façon régulière dans le domaine policier. « *Etwa 90% der Toten, die zunächst unbekannt sind, werden innerhalb kurzer Zeit per Anerkennung durch Zeugen, meist Angehörige, sicher identifiziert, beispielsweise über Aufrufe in der örtlichen Presse. Allerdings ist eine Anerkennung durch Angehörige kein Beweis im wissenschaftlichen Sinne, zumal sie für die Betroffenen mit einer enormen seelischen Belastung verknüpft ist* » [Madea et Brinkmann, 2003](pp.1187). Le pourcentage indiqué est élevé. Il se conçoit pour des affaires courantes et non pour des catastrophes de masse où ce processus n'est pas recommandé (en raison du nombre élevé de victimes).

Le processus de reconnaissance d'une personne décédée est un cas particulier du processus habituel de reconnaissance. Le contexte émotionnel, psychologique, affectif est différent et peut conduire le témoin à adopter une logique atypique. À ce sujet, il est difficile de déterminer de quelle manière le contexte de la mort peut affecter le jugement.

3.4.1. Spécificités

En comparaison avec les paramètres identifiés dans l'analyse des témoignages habituels, les spécificités propres au processus de reconnaissance d'une personne décédée peuvent être résumées comme suit:

- ◆ Au niveau du contexte général, le témoin d'un événement criminel est soumis à l'extra-ordinaire (au sens propre du terme) au moment de l'événement dont il a été témoin²⁷. En règle générale, le temps d'exposition à cet évé-

²⁷ Selon [Dulong, 1998], dans la majorité des cas, on ne témoigne que de l'impressionnant.

ment particulier a été assez court. Par la suite, y compris au moment de la confrontation, les événements de sa vie ont retrouvé une certaine normalité. Pour un témoin appelé à voir une personne décédée, la situation est inversée. L'extra-ordinaire se situe au moment de la confrontation tandis que la phase d'acquisition des informations passées s'est effectuée dans de bonnes conditions et, en règle générale, sur de longues périodes (cadre de la vie courante, contexte familial ou professionnel par exemple).

- ◆ Comme relevé à la fin du sous-chapitre 3.2. (Processus mnésique), le processus de reconnaissance d'une personne décédée ne peut faire l'objet d'expérimentations contrôlées. Seules les expériences accumulées dans la réalité peuvent aider à examiner les paramètres en jeu.
- ◆ Dans le cas de la présentation d'un corps, il y a toujours un lien privilégié supposé ou avéré entre le témoin et la personne décédée. Il ne s'agit plus de « l'idéal de l'observateur désengagé » [Dulong, 1998]. Dès lors le contrôle de la raison sur le processus perceptif et sur les opérations d'interprétation est compromis.
- ◆ Au moment de la prise de décision du témoin, seuls les aspects visuels sont disponibles. De par son état, il n'est plus possible d'évaluer la personne connue selon sa démarche, ses comportements, sa voix, son accent. Concernant le visage, il n'est plus possible d'évaluer les attributs révélés par ses différentes expressions.
- ◆ « *On ne peut pas être vivant ici et mort là* ». Ce postulat de non-ubiquité des corps ([Dulong, 1998]) a pour effet d'augmenter le sentiment de plausibilité lorsque le témoin est appelé auprès d'un corps. L'impact de la plausibilité est plus important dans le processus de reconnaissance d'une personne décédée qu'il ne l'est dans un autre processus de témoignage.
- ◆ Les confrontations ne peuvent pas suivre la plupart des recommandations indiquées pour les témoignages habituels. Ainsi:
 - il n'est pas envisageable de présenter plusieurs corps à un témoin (annulation des confrontations séquentielles et simultanées),
 - il n'est pas envisageable de concevoir des confrontations avec cible absente ou présente,
 - il n'est pas envisageable de procéder à des tests à blanc ou en double aveugle,
 - il n'est pas envisageable que l'accompagnant ne connaisse pas l'affaire.

Le temps de détermination du témoin (règle des 10-12 secondes) reste une appréciation possible.

Concernant l'apparence de la personne présentée, la mort engendre certains changements physiques. Cet aspect est difficile à évaluer avec précision car de nombreux paramètres entrent en jeu. Pour procéder à une présentation objective et correcte, il convient de respecter un point cité comme principe général (cf. sous-chapitre 3.1, Introduction): veiller à ce que le corps soit présentable, c'est-à-dire le plus proche possible de son état *ante-mortem*.

Sur ce thème, entre 2003 et 2004, à Berlin et Hambourg, le photographe Walter Schels et la journaliste Beate Lakotta ont accompagné 26 personnes aux portes de la mort dans des hôpitaux ou des unités de soins palliatifs. Avec l'accord des intéressés et de leurs proches, ils ont réalisé des photographies avant et après la mort. Leurs résultats font encore l'objet de diverses expositions en Europe et sont visibles sur divers sites du web²⁸. Les photographies réalisées donnent une idée générale des différences qui peuvent apparaître sur des visages entre les états de vie et de mort pour des intervalles de quelques mois et pour des personnes malades.

Comme pour les cas de témoignages en général, des erreurs peuvent se produire lors de procédures de présentation de personnes décédées, en particulier la reconnaissance positive erronée et la reconnaissance négative erronée.

3.4.2. La reconnaissance positive erronée

Lors de la présentation d'un corps, le témoin indique une identité civile qui s'avèrera, après investigations complémentaires, incorrecte.

La simple convocation d'un témoin est en soi un élément qui rend la reconnaissance plausible. Le témoin mettra en relation la découverte d'un corps par les services de police avec la disparition d'un proche. Même si la plausibilité d'un fait n'est qu'un argument en faveur de son existence, sans constituer une preuve en soi, elle facilite son acceptation [Dulong, 1998] [Mazzoni et al., 2001].

Les raisons d'une reconnaissance positive erronée sont complexes. Les effets de minimisation des critères d'intra-variabilité constituent une explication générale. Le témoin estime, à tort, que les attributs de la personne présentée correspondent à ceux de la personne connue. Il crée des catégories non différenciables et peine à en

28 http://www.noch-mal-leben.de/h/exponate_4_de.php et <http://www.lensculture.com/schels.html?thisPic=2> (dernières consultations le 13.07.2009).

accepter les différences objectives. Lorsque les attributs diffèrent, le témoin conçoit des explications qu'il juge plausibles. Deux contextes peuvent favoriser ce processus: l'autosuggestion et l'épuisement dû à une attente difficile à supporter.

L'autosuggestion, citée par Reiss au début du siècle passé à propos de reconnaissances positives erronées qu'il relate dans un article, peut amener le témoin à se convaincre d'une identité civile, attitude qui contamine son entourage [Reiss, 1908]. La contamination peut s'opérer du témoin vers son entourage et inversement. En voici deux exemples.

Exemple 9 :

Mai 2005: dans la région bernoise, une femme se suicide en se jetant du toit d'un immeuble locatif, sous les yeux de policiers appelés pour tenter de la raisonner. Elle est rapidement conduite à l'hôpital où elle décède.

Selon les indications d'une voisine, une identité civile circule rapidement parmi les gens présents. L'appartement de la victime supposée est effectivement inoccupé, situé au dernier étage de l'immeuble. L'accès au toit n'est pas verrouillé. La fille de la victime supposée est invitée à se rendre à l'hôpital pour y voir sa mère. Le corps a été préparé, mais son apparence a changé (les cheveux ont notamment été rasés lors d'une trépanation réalisée dès son arrivée à l'hôpital). Pourtant, la fille annonce reconnaître sa mère.

Le même jour, un avis de disparition concernant une autre personne parvient à la police locale, mais aucun lien n'est fait avec ce suicide.

Quelques jours plus tard, la personne supposée s'être jetée du toit rentre de vacances, événement qui conduit les autorités à identifier formellement la réelle victime comme étant la personne annoncée portée disparue.

Exemple 10 :

Mars 2004: un incendie ravage un atelier de peinture dans un village du canton de Vaud. Dans les décombres du sinistre, les enquêteurs découvrent un corps, le visage partiellement altéré par la chaleur. Le médecin appelé sur les lieux indique qu'il s'agit d'une femme. Un passeport découvert dans le pantalon de la victime révèle effectivement une identité féminine, soit Madame G., la locataire des lieux. L'ex-mari de cette personne est appelé. Arrivé rapidement sur les lieux, il reconnaît le corps.

Étant donné que Madame G. suivait un traitement dans un établissement de la région, celui-ci est avisé de la macabre découverte. À la surprise des enquêteurs, les responsables de cet établissement indiquent que Madame G. est toujours chez eux, bien portante. Une seule personne est annoncée absente, mais c'est un homme.

Un processus d'identification montrera que la victime était en fait l'homme annoncé absent. Avant de quitter l'établissement en question, il avait tissé des liens avec Madame G. Puis il avait élu domicile dans l'atelier de peinture dont il avait reçu les clés de la propriétaire.

Dans l'exemple 9, le témoin a été perturbé par l'apparence inhabituelle du corps présenté. Dans l'exemple 10, les éléments circonstanciels (dont le lieu de découverte du corps, l'information du médecin et le passeport) étaient tout à fait plausibles pour que la victime présumée soit l'ex-épouse du témoin. À noter que l'erreur du médecin est surprenante. Elle trouve une explication dans le caractère très superficiel que revêtent certaines constatations médicales lors des constats de décès.

Le second contexte pouvant conduire à une reconnaissance positive erronée est celui d'un total épuisement causé par la disparition d'un proche (cf. exemple 11). L'attente d'une découverte, l'incertitude, l'espoir ou le doute engendrent un stress intense pour les proches et conduisent à un état de fatigue physique et psychique. Et même lorsque la mort est pressentie comme inéluctable, le processus de deuil ne peut débuter en l'absence d'un corps auprès duquel se recueillir. Si bien que la reconnaissance d'un corps (quel qu'il soit) peut être vécue comme un moyen de mettre un terme à cet état.

Exemple 11 :

F. est un jeune homme brillant promis à un bel avenir. Il mène de front une formation de guide de montagne et des études de médecine. Son rêve est d'exercer sa profession en prêtant secours dans les Alpes.

Mais un grave accident le rend lourdement handicapé, brisant net tous ses projets. Dès cet instant, il vit auprès de ses parents, lesquels s'engagent sans compter pour le soutenir, physiquement et psychologiquement.

En juillet 2006, la chaise roulante de ce jeune homme est retrouvée sur un pont enjambant le Rhône. Le suicide est l'hypothèse retenue par les parents compte tenu de l'état de profonde dépression de leur fils.

Les jours suivants, bien que le corps ne soit pas retrouvé, les parents diffusent un avis funèbre dans la presse locale et organisent une cérémonie d'adieu à l'église de leur village.

Cet exemple n'a pas conduit à une reconnaissance positive erronée. Le jeune homme n'a pas été retrouvé à ce jour et, s'il est décédé, la probabilité qu'il soit présentable est désormais bien faible. Mais cet exemple est représentatif des conditions très difficiles vécues par des personnes pouvant être appelées comme témoins. En l'occurrence, l'avis funèbre et la cérémonie religieuse révèlent la nécessité, pour les parents, d'entamer sans attendre le processus de deuil. Une telle configuration peut être propice au phénomène d'altération de la mémoire et affecter la fiabilité d'une reconnaissance.

La reconnaissance positive erronée est une erreur difficile à détecter. Il n'est pas aisé non plus d'informer un témoin que son témoignage est mis en doute ou incor-

rect. Du point de vue du témoin, c'est la réalité de la mort d'un proche qu'il affronte. Et le fait d'engager des investigations complémentaires peut être vécu comme une entrave injuste à son processus de deuil, ce qui rend la situation complexe à gérer.

3.4.3. La reconnaissance négative erronée

Lors de la présentation d'un corps, le témoin ne reconnaît pas la personne qui s'avèrera, après investigations complémentaires, une personne de son entourage. La non-reconnaissance peut être annoncée en toute bonne foi.

Comme pour la reconnaissance positive erronée, les raisons d'une reconnaissance négative erronée sont complexes. Cette fois, ce sont les effets d'amplification des critères d'inter-variabilité qui peuvent constituer une explication générale. Le témoin estime que les attributs de la personne présentée ne correspondent pas à ceux de la personne connue. Il crée deux catégories différentes et peine à concevoir qu'il puisse s'agir de la même personne. Et comme avec l'échiquier d'Adelson, les causes de l'erreur sont à mettre en rapport avec l'environnement ou, plus généralement, avec le contexte.

Pour les cas de reconnaissances négatives erronées dont il cite aussi deux exemples, Reiss considère que l'autosuggestion ne suffit plus à expliquer les erreurs et retient alors deux autres éléments: « *La non reconnaissance des cadavres [...] a ses principales causes dans la position inaccoutumée pour nous du corps, et dans le facies spécial du mort* » [Reiss, 1908](pp.477). Des différences peuvent apparaître entre un visage mémorisé à l'état vivant et ce même visage, posé à l'horizontal, livide, les cheveux éventuellement mouillés, les paupières closes. C'est pourquoi l'auteur proposait de substituer la présentation d'un corps en chambre mortuaire par la présentation de photographies. La relation avec la mort ayant changé dans notre société, certaines des recommandations de Reiss peuvent surprendre: préparation de la personne décédée en position assise, les mains sur les genoux, habillée, les yeux ouverts (processus dit de « revivification »). Mais la volonté de tendre si fort vers le vivant peut avoir des effets non souhaitables. C'est le cas de l'arrangement des cheveux par exemple. Sécher des cheveux mouillés ou maculés de sang est compréhensible, mais leur arrangement est déjà affaire de choix. Si l'identité supposée est celle de A., par exemple, arranger les cheveux « à la façon de » A. est un présupposé. Si l'identité supposée n'est pas correcte, les témoins peuvent être induits en erreur. Pour illustrer ce risque, la figure 3.4 présente deux hommes qui pourraient être, à première vue, Al Gore et Bill Clinton. En fait, il s'agit deux fois de Bill Clinton, mais le visage de gauche a été coiffé « à la fa-

çon » d'Al Gore. En d'autres termes, sur le visage de gauche, les caractéristiques internes (yeux, nez, bouche) sont celles de Bill Clinton et les caractéristiques externes (dont la coupe de cheveux) sont celles d'Al Gore (cf. sous-chapitre 3.2.1, Perception catégorielle). Cet exemple permet de souligner l'importance de ne pas modifier l'apparence de la personne décédée. Parmi les diverses sources d'erreurs possibles, les enquêteurs ont une certaine emprise sur celle-ci.

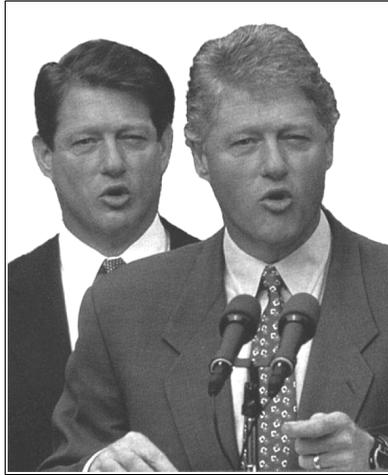


Fig. 3.4 - Image de synthèse jouant avec les caractéristiques internes et externes. Source: [Jarudi et Sinha, 2003](pp.10).

Des facteurs psychologiques peuvent aussi jouer un rôle dans ce type d'erreur. [St-Yves et Landry, 2004] relèvent que mentir (ou se mentir) suppose un conflit entre un avenir souhaité et un avenir non désiré, refusé. Durant un entretien policier, il est possible que certains suspects entrevoient un avenir qu'ils ne sont pas prêts d'assumer. Ils sont alors poussés à élaborer un scénario alternatif autorisant un futur plus désirable. La promotion d'une alternative fabriquée et l'inhibition de la vérité conduisent ainsi au mensonge. Sous cet angle, le mensonge est un mécanisme de défense. En présence d'une personne décédée, les alternatives de mensonges ou d'échappatoires sont différentes de celles possibles dans les affaires pénales habituelles. Mais les processus de gestion de conflits intérieurs peuvent être comparables. Être confronté à la mort d'un proche amène un changement profond pour le futur. Dans certains cas, il est possible que le témoin refuse la réalité irréversible du décès et ses conséquences. Sous l'angle du contexte psychologique, une reconnaissance négative erronée peut traduire, de façon inconsciente, une forme de déni de la réalité. Dans l'immédiat, c'est aussi une façon de ne pas affronter – ou de reporter – le processus de deuil.

La gravité de la situation et l'impact émotionnel de la mort sur le témoin peuvent jouer un rôle perturbateur comparable à celui révélé par la présence d'une arme (*weapon focus effect*) ou par la congruence des émotions [Halberstadt et Niedenthal, 1997]. Le témoin pourrait être troublé au point de ne pas parvenir à se déterminer, ou à se déterminer négativement.

Abstraction faite du facteur humain, ce type d'erreur est moins délicat à gérer que la reconnaissance positive erronée puisqu'il invite les enquêteurs à poursuivre leurs investigations plutôt qu'à y mettre un terme.

3.5. Procédure proposée

Afin d'apporter un cadre rigoureux au processus de reconnaissance d'une personne décédée et faciliter la détection d'éventuelles erreurs, une procédure est proposée. Simple et facile à appliquer, elle a été élaborée en fonction des paramètres identifiés comme pertinents dans le processus mnésique général et en fonction des circonstances matérielles connues. Elle doit permettre de corroborer les informations orales du témoin, comme cela se fait dans toute enquête judiciaire [Wells et al., 1998] [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999] [St-Yves et Landry, 2004].

La nature des liens entre le témoin et la personne connue (frères, enfant-mère, conjoints par exemple) pourrait sembler une information importante en vue d'évaluer les conditions de mémorisation. Mais cette information est trop restrictive et n'est pas fiable en toute circonstance. C'est pourquoi elle a été écartée au profit de paramètres plus précis: le temps d'exposition et la durée de séparation. Ces deux paramètres permettent d'évaluer, de façon objective, la qualité des conditions de mémorisation. De plus, ils permettent d'élargir au-delà des proches parents le cercle des personnes ayant bénéficié de conditions de mémorisation adéquates.

Les autres paramètres retenus sont les caractéristiques physiques de la personne décédée ainsi que la plausibilité de la date et du lieu de découverte du corps. Les objets personnels tels que la montre, les vêtements ou l'alliance et ses inscriptions sont des indices à ne pas négliger, mais ils ne seront pas retenus de façon explicite. Leur reconnaissance ou identification n'a qu'un impact indirect sur l'identité de leur porteur.

Quatre étapes successives sont présentées. Pour la deuxième étape, quatre paramètres ont été retenus:

1. L'examen externe préliminaire du corps.
2. L'entretien avec le témoin. À évaluer:
 - a. Le degré de discernement du témoin.
 - b. Le temps d'exposition.
 - c. La durée de séparation.
 - d. La plausibilité de la date et du lieu de découverte du corps.
3. La présentation du corps.
4. L'établissement d'un procès-verbal de présentation.

3.5.1. L'examen externe préliminaire

La première étape de la procédure consiste à réaliser un examen externe préliminaire du corps, en l'absence du témoin. Cet examen ne doit pas remplir toutes les exigences d'un examen externe médico-légal habituel. Il ne doit pas s'y substituer non plus, mais doit permettre, dans un bref délai :

- ◆ de documenter les caractéristiques générales du corps: sexe, corpulence, taille, couleur des yeux, couleur des cheveux, âge approximatif;
- ◆ de noter les principales particularités physiques telles que cicatrices importantes, nævus, tatouages ou amputations;
- ◆ de faire l'inventaire des vêtements ainsi que des objets personnels.

Si une autopsie est pratiquée, ces informations peuvent être rassemblées lors de l'examen externe réalisé par le médecin-légiste.

Il est judicieux d'avoir rassemblé ces informations objectives avant d'entrer en contact avec le témoin de façon à pouvoir préparer l'entretien. Elles permettront aux enquêteurs de détecter d'éventuelles contradictions et de répondre aux éventuelles questions du témoin.

La seconde étape consiste à faire préparer le corps pour la présentation. Il ne s'agit pas d'une toilette mortuaire complète, laquelle sera réalisée après l'établissement de l'identité (c'est à ce moment-là seulement que l'appartenance religieuse est connue, information qui peut modifier la façon dont le corps est préparé). Selon [Hirsch, 2004], les éléments corporels les plus importants pour les familles sont le visage et les mains. Dès lors, il convient de les nettoyer correctement et de masquer d'éventuelles blessures récentes. Les autres éléments doivent rester en l'état, même s'ils ne sont pas parfaits (coiffure, vêtements, chaussures, objets personnels par exemple).

Exemple 12 :

Avril 1991: un homme d'une soixantaine d'années est découvert sans vie sur les berges du Rhône, à Sion (VS). La mort est récente et le corps est présentable. Les premiers éléments rassemblés laissent supposer qu'il pourrait s'agir de Monsieur D., porté disparu depuis peu dans la région.

Lors de l'examen externe préliminaire, les enquêteurs notent les principales caractéristiques PM du corps, puis ils rencontrent le frère de Monsieur D. Lors de cet entretien, le témoin donne l'information que sa dernière rencontre avec son frère date d'une année environ. Il s'agissait d'une visite dans un hôpital où Monsieur D. venait de subir une appendicectomie. Lorsque le corps lui est présenté, le témoin reconnaît son frère et signe un procès-verbal de reconnaissance.

Troublés par le fait que le corps de la personne décédée ne comporte aucune cicatrice consécutive à une appendicectomie, les enquêteurs poursuivent leurs investigations.

Finalement le corps sera identifié comme une autre personne, mais du même âge que Monsieur D. et d'une apparence proche.

3.5.2. L'entretien avec le témoin

Concernant le témoin, en raison du stress émotionnel, la préférence doit être donnée aux personnes adultes, en particulier à celles qui ont eu des contacts privilégiés et réguliers avec la personne dont l'identité civile est supposée.

Munis des informations résultant de l'examen externe préliminaire du corps, les enquêteurs peuvent procéder à un entretien avec le témoin. À noter qu'il s'agit d'un entretien et non d'une audition ou d'un interrogatoire (il n'y a ni plaignant, ni suspect, ni coupable). Le contexte étant particulier, les enquêteurs doivent traiter le témoin avec les égards qui s'imposeraient pour une victime. Comme pour la plupart des opérations de police impliquant des tiers, le nombre recommandé d'enquêteurs est de deux au moins, ce afin de garantir une certaine objectivité. De plus, ils seront à même de confronter leurs avis par la suite.

Si l'étape précédente avait pour objet la personne décédée, il faut garder à l'esprit que cette étape-ci a pour objet la personne connue par le témoin.

Les premiers instants de la rencontre entre le témoin et les enquêteurs est un moment délicat. En règle générale, le but est connu et peu réjouissant. Dans ce contexte, certains témoins peuvent formuler d'entrée des remarques très directes et incisives, manifester de l'impatience, voire de l'antipathie. Malgré cela, pour les enquêteurs, prévaut le souci d'instaurer un climat de confiance orienté vers la commu-

nication par l'écoute active, le respect et la compassion. À cet égard, ils doivent commencer par se légitimer et se présenter.

Le témoignage étant une tâche de remémoration, il convient ensuite d'adopter une méthode d'entrevue qui tienne compte du fonctionnement de la mémoire humaine. Dans ce but, la grande majorité des recommandations à suivre lors du recueil d'un témoignage peuvent être appliquées [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999] [St-Yves et Landry, 2004]. Il s'agit en premier lieu de bien préparer l'entretien, tant au niveau des éléments de l'affaire qu'au niveau du cadre général de la rencontre. Les enquêteurs doivent porter une attention particulière au lieu de l'entretien pour que le témoin se sente à l'aise (pièce neutre, propice au silence et à la concentration, protégée des interruptions imprévisibles). Il est établi qu'un témoin en confort donne davantage de renseignements. Dans le contexte spécifique de l'imminence possible de l'annonce d'un décès, les facteurs émotionnels sont toujours sous-jacents et intenses. C'est pourquoi il est préférable de rencontrer le témoin en présence d'un de ses proches.

Au niveau de l'entretien lui-même, il convient d'écouter le témoin sans l'interrompre, puis de lui poser des questions générales, avant de s'arrêter sur des points particuliers pour s'assurer d'une compréhension sans ambiguïté. Les enquêteurs doivent éviter les questions fermées (« *a-t-il les yeux bleus ?* ») et privilégier les questions dites ouvertes (« *que pouvez-vous me dire au sujet de cette personne ?* »). Les principes d'une entrevue cognitive intégrant une version libre puis une version avec des changements dans la chronologie des faits ou des changements de perspective permettraient d'obtenir 30% d'informations supplémentaires par rapport à des entretiens classiques [Memon et al., 2003].

Concernant le vocabulaire à utiliser, il doit être simple, direct, franc mais toujours respectueux. Parfois rude, le jargon policier peut conduire à des formulations inappropriées. Exemple: en lieu et place de « cadavres », il est recommandé de parler de « personnes décédées » et de les désigner par leur nom ou par le lien qui les lie au témoin (« *notre frère* », « *Jacques* » par exemple). De même, lorsque les investigations sont terminées, il convient d'éviter des formulations telles que « *le corps est libéré* » et de privilégier des expressions plus adéquates.

Certains principes habituels dans le domaine des témoignages sont susceptibles d'être évalués de façon différente. Le premier est celui qui préconise que plusieurs témoins ne sont pas auditionnés de façon simultanée. Certes, cette règle s'applique si chaque témoin fait référence à une personne connue différente. Mais lorsque les témoins font référence à la même personne (comme ce peut être le cas avec les membres d'une famille), il est recommandé de procéder à un entretien de groupe.

Dans le contexte émotionnel de l'imminence d'un deuil, cette dérogation ne nuit pas à la qualité des renseignements fournis et elle offre aux témoins la possibilité de se soutenir mutuellement. Le deuxième principe auquel il est parfois nécessaire de se soustraire est celui qui préconise d'interrompre l'entretien si le témoin est dans un état émotionnel trop fort. Avant même d'être confronté à la personne décédée, le témoin envisage déjà, de façon implicite, la mort de la personne connue. Il est résulte un impact émotionnel compréhensible. Mais les enquêteurs doivent s'en accommoder sans interrompre l'entretien. Ils doivent faire preuve de patience et aménager le temps nécessaire pour que le témoin puisse exprimer ses sentiments ou garder le silence quelques minutes. Autre principe auquel il est conseillé de surseoir: celui d'une analyse morphogestuelle du témoin. Le contexte d'un deuil a pour effet de rendre l'interprétation du langage corporel beaucoup trop aléatoire. Il serait déplacé de tenter de déterminer si certains gestes résultent de la volonté de mentir ou du désarroi d'un deuil.

À la fin de l'entretien, il faut s'assurer que tous les points ont été couverts et orienter le témoin sur la suite des opérations (endroit où le corps sera présenté, coordonnées de l'entreprise de pompes funèbres, moment de la prise en charge par exemple). Les enquêteurs se doivent aussi de prévenir le témoin que la personne décédée peut ne pas être dans une apparence habituelle.

Durant l'entretien, les quatre paramètres suivants seront évalués.

a) Le degré de discernement du témoin

Le degré de discernement, ou l'état d'esprit conscient, ou encore l'état de pleine conscience selon les auteurs, est un paramètre qui fait référence à la responsabilité du témoin, soit à sa capacité de juger la nature et la qualité de ses actes [St-Yves et Landry, 2004]. Il est admis que cette responsabilité peut être limitée par des troubles mentaux, par l'état de commotion, par l'intoxication (à des médicaments, à l'alcool ou à des drogues par exemple), par une atmosphère d'intimidation ou par l'effondrement émotionnel. Vérifier le degré de discernement consiste ainsi à s'assurer de l'état psychologique du témoin, mais aussi de son état physique.

Parmi les circonstances qui peuvent affecter le degré de discernement, l'état émotionnel est le plus courant dans le processus de reconnaissance d'une personne décédée. Une longue période d'attente, d'incertitude et d'angoisse (dans le cas d'un proche porté disparu depuis longtemps), ou le choc brutal d'une confrontation avec la mort (dans le cas d'une mort violente) peut engendrer de fortes réactions, des comportements confus ou des troubles de la mémoire. En règle générale, cet état

émotionnel atteint son paroxysme lorsque le témoin se trouve en présence de la personne décédée. C'est pourquoi il est important de procéder à l'entretien avec le témoin avant la présentation du corps.

Un bon degré de discernement permet aux enquêteurs d'évaluer la crédibilité des informations, leur logique et leur cohérence. Il donne aussi la garantie que les éléments auxquels le témoin a été rendu attentif ont été bien compris et qu'il en mesure la portée. C'est le cas pour la mise en garde contre le faux témoignage et pour la responsabilité qu'il endossera en signant le procès-verbal de présentation.

En règle générale, le degré de discernement du témoin peut être évalué en le faisant s'exprimer le plus librement possible sur sa situation personnelle, sur la personne connue et sur ses liens avec elle.

b) Le temps d'exposition

Ce deuxième paramètre concerne le temps d'exposition, soit le temps durant lequel le témoin a pu observer la personne connue, la côtoyer, se familiariser avec elle.

Exemple 13 :

Septembre 2000: un crash entre deux hélicoptères se produit en Valais, à quelque 15 mètres au-dessus d'un terrain de football, terrain qui constituait la zone de prise en charge de touristes en visite dans la région. Huit personnes perdent la vie dont sept de nationalité indienne.

À la demande du responsable indien de l'agence qui accompagnait les victimes durant leur séjour, les corps présentables lui sont montrés. Cependant, après chaque présentation, sans exception, il signe un procès-verbal indiquant qu'il ne reconnaît pas la personne. Il explique qu'il côtoie ses clients depuis quelques jours seulement, soit insuffisamment pour les reconnaître de façon formelle. Compte tenu de sa fonction de responsable et pour satisfaire aux exigences de sa culture, il n'envisage pas de rentrer en Inde sans avoir vu tous les corps et sans avoir procédé à toutes les formalités possibles, quels que soient leurs résultats.

En plus d'éléments culturels à ne pas négliger, cet exemple illustre le cas d'un temps d'exposition insuffisant pour permettre une reconnaissance.

L'idéal est un temps d'exposition le plus long possible. C'est le cas, par exemple, lorsque le témoin et la personne connue ont vécu sous le même toit durant plusieurs années.

c) La durée de séparation

La durée de séparation exprime à quand remonte la dernière rencontre entre le témoin et la personne connue.

En règle générale, dans les procédures pénales, les témoins sont interrogés peu de temps après un événement puisqu'il est admis que plus le temps passe, plus leur témoignage perd de sa pertinence. Il en va de même pour les témoignages de reconnaissance d'une personne décédée. Si la période d'exposition est en cours, les conditions sont optimales. Par contre, si la période d'exposition se réfère à une époque antérieure de plusieurs années, la qualité du témoignage s'altère.

L'idéal est une durée de séparation la plus courte possible. En effet, il s'agit moins de se souvenir d'un visage tel qu'il fut que de se déterminer sur ce qu'il est advenu. Et plus le temps passe, plus la personne connue peut avoir subi des changements de différentes natures (vieillesse, perte ou prise de poids par exemple).

Dans ses recommandations relatives à « l'identification visuelle », le Conseil de l'Europe indique: « *L'identification visuelle d'un corps devrait être effectuée par des proches ou par des personnes ayant connu et vu le défunt récemment* » [Conseil Europe, 2000](pp.35). Les exigences auxquelles il est fait allusion sont celles du temps d'exposition et de la durée de séparation.

d) La plausibilité de la date et du lieu de découverte du corps

La date et le lieu de découverte d'un corps sont des éléments circonstanciels sur lesquels les enquêteurs peuvent avoir un contrôle objectif. Il s'agit de vérifier, auprès du témoin, si la date de découverte du corps est plausible par rapport à la date de disparition de la personne connue. Et, de même, si le lieu de découverte du corps correspond à un environnement habituel ou plausible pour la personne connue (domicile, lieu de loisir régulier, lieu de trajets courants ou site ayant une importance affective particulière par exemple).

Le lieu de découverte du corps peut ne pas correspondre à un endroit plausible pour des raisons tout à fait explicables. C'est le cas, par exemple, lorsque le corps a été emporté par les flots, lorsqu'il se trouvait en un lieu caché à ses proches ou lorsqu'il a été déplacé par d'autres moyens. Dans ces circonstances, il peut arriver que le lieu de découverte surprenne les proches.

Exemple 14 :

Octobre 2000: de violents orages éclatent en Valais pendant plusieurs jours. Des glissements de terrains ont lieu à différents endroits. À Neubrûck, petit village du Haut-Valais, la rivière Vispa, affluent du Rhône, sort de son lit. Dans ce village, le 15.10.2000, une mère et sa fille sont portées disparues en fin de journée.

Le lendemain, en cours de matinée, le corps d'une femme d'environ 70 ans, totalement dénudé, est découvert sur les berges du Rhône, dans le Bas-Valais.

Les investigations montreront qu'il s'agit de la mère portée disparue à Neubrûck. Le corps avait franchi, en quelques heures, 6 kilomètres dans la Vispa, puis 80 kilomètres environ dans le Rhône. Les vêtements avaient été arrachés durant ce déplacement.

Exemple 15 :

Juin 2005: dans la forêt de Derborence (VS), un jeune homme découvre le corps d'une femme pendue à un arbre alors qu'il fait son jogging. Il se dirige aussitôt vers la première bâtisse en vue et donne l'alarme.

Un peu plus tard, avisés de l'événement, des policiers et un médecin demandent au jeune homme de les conduire à l'endroit précis de sa découverte. Les recherches vont durer longtemps car le jeune homme n'arrive plus à situer précisément l'endroit. Lorsque la personne décédée est enfin retrouvée, les intervenants constatent qu'il s'agit effectivement d'un endroit très particulier, caché et d'accès peu aisé.

Quelques jours plus tard, les membres de la famille souhaitent voir l'endroit où leur proche a été découverte. Avant leur arrivée, les enquêteurs refont le parcours et placent quelques signes pour baliser l'accès. Cette précaution s'avère inutile car les proches se dirigent sans peine directement au bon endroit. Ils informeront les enquêteurs qu'il s'agissait d'un lieu de recueillement bien connu de la victime et de son entourage.

Lorsque les enquêteurs procèdent à plusieurs entretiens au sujet du même corps, ils doivent évaluer la compatibilité des résultats obtenus.

Des divergences manifestes entre les informations détenues par les enquêteurs au sujet de la personne décédée et celles indiquées par le témoin au sujet de la personne qu'il connaît peuvent conduire à annuler la présentation du corps (divergence quant au sexe, différence flagrante d'âge par exemple).

Résultats empiriques

Les quatre paramètres précités ont été évalués lors de 50 présentations de personnes décédées concernant des cas traités par la section d'identité judiciaire de la police cantonale valaisanne entre janvier 2008 et mai 2009. Les valeurs de ces pa-

ramètres sont indiquées à la fin de ce document (cf. annexe 1). Les temps d'exposition varient entre 36 jours (pour un médecin traitant) et 52 ans (pour une fille). La valeur moyenne est de 23 ans. Les valeurs les plus élevées concernent surtout des familiers (père, mère, fille, époux par exemple), mais aussi des collègues de travail (25 et 30 ans). Les durées de séparation varient entre quelques heures et 60 jours (valeur moyenne de 5 jours).

Ces valeurs ne constituent pas des références absolues. Elles n'illustrent que les proportions atteintes dans la réalité d'un service de police.

3.5.3. La présentation du corps

Si les étapes précédentes ont été respectées sans faire apparaître d'éléments contradictoires inexplicables, la présentation du corps peut avoir lieu.

Comme pour l'entretien, le lieu de la présentation doit être choisi avec attention. Il convient d'éviter des endroits insalubres, informels ou cliniques tels que des arrière-salles d'autopsie, des salles de préparation ou des locaux d'examen pathologiques. La préférence sera donnée à des chambres mortuaires, à des chapelles ou à des pièces propices au recueillement. L'espace et la lumière sont des paramètres à ne pas négliger.

Lorsque le corps est présenté au témoin, les enquêteurs doivent être présents, sans interférer. C'est ainsi une étape passive pour les enquêteurs, mais elle est délicate sur le plan émotionnel. Les mots clés sont le respect, l'humanité, la compassion, voire la compréhension (y compris parfois pour certaines formes de révolte provoquées par la souffrance [Hirsch, 2004]).

En cas de reconnaissance positive, il convient d'accorder le temps nécessaire au silence et au recueillement.

En certaines circonstances, le principe proposé par Reiss consistant à présenter des photographies de la personne décédée demeure pertinent : « ... *les témoins reconnaissent plus facilement la photographie d'un cadavre que le cadavre même. Ceci s'explique par le fait que la vue de la photographie émotionne beaucoup moins le témoin que la vue du cadavre* » [Reiss, 1908](pp.480). C'est pourquoi, avant de procéder à la présentation d'un corps, il peut être utile de réaliser une étape de « pré-reconnaissance » consistant à présenter des objets personnels ou des photographies de la personne décédée (visage propre mais sans trop d'arrangement). Cette procédure est opportune lorsque les proches ne sont pas certains de pouvoir supporter la confrontation directe avec la personne décédée. Sur

un plan pratique, ces présentations d'objets ou de photographies peuvent avoir lieu dans des locaux propices au calme et au recueillement moins sinistres qu'une morgue. De plus, si plusieurs corps sont à présenter, cette procédure peut diminuer le nombre de reconnaissances négatives à la morgue et réduire de façon appréciable les manipulations de corps. Mais il faut garder à l'esprit que ces objets ou photographies ne servent qu'à évaluer si la présentation d'un corps est appropriée ou non. L'élément essentiel de la reconnaissance reste le corps de la personne défunte. Des objets personnels ou des photographies ne peuvent en aucun cas s'y substituer.

Exemple 16 :

Octobre 1994: à Salvan (VS), 25 personnes sont découvertes sans vie dans des chalets dont certains sont en feu. Le même jour, 23 personnes sont découvertes décédées dans une bâtisse de Cheiry (FR). L'enquête montrera que toutes les victimes avaient un lien avec la secte de l'Ordre du Temple Solaire (OTS).

Lors des processus de reconnaissance de certains corps (précédant des identifications formelles), des étapes successives et progressives de présentation furent mises sur pied.

Les personnes qui s'étaient annoncées pour reconnaître un proche avaient l'opportunité de consulter des planches photographiques sur lesquelles se trouvaient des objets personnels (montres, bijoux, lunettes par exemple), reproductions réalisées de façon distincte pour chaque corps. Si des personnes reconnaissaient les objets d'un proche sur une photographie, elles pouvaient avoir accès à ces objets et les observer plus en détail. Elles pouvaient ensuite consulter la photographie du visage en lien avec ces objets. Finalement, si les confirmations se poursuivaient, elles étaient invitées à se rendre à la morgue pour la présentation du corps correspondant à toutes leurs observations préalables.

Comme pour les résultats d'entretiens, lorsque les enquêteurs procèdent à plusieurs présentations du même corps, ils évalueront la plausibilité des résultats obtenus. Dans ce cas, ils veilleront à ne pas conditionner les témoins en leur communiquant des résultats obtenus au préalable.

3.5.4. Le procès-verbal de présentation

Cette dernière étape est la conclusion administrative des précédentes. Elle sert à attester des opérations réalisées et de leurs résultats. Tout comme d'autres éléments d'enquête, le témoignage est une preuve à collecter et à préserver [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999]: le procès-verbal de présentation en est le garant. C'est aussi une façon de conclure l'entretien, de synthétiser les informations et de s'assurer qu'il n'y a ni malentendus, ni mauvaise compréhension quant

aux formulations [St-Yves et Landry, 2004]. C'est pourquoi les reconnaissances positives comme les reconnaissances négatives doivent être documentées.

Le procès-verbal peut être un formulaire contenant des rubriques telles que l'identité civile du témoin, celle des enquêteurs, celle de la personne reconnue (s'il y a eu reconnaissance positive), le lieu et la date de la présentation du corps (cf. annexe 2). Comme pour le procès-verbal d'une audition traditionnelle, ce document doit être dans une langue comprise du témoin et signé par les personnes concernées (témoin et enquêteurs).

Dans le cas d'une affaire pénale, le témoin peut être appelé à la barre pour certifier son témoignage. Cette étape au caractère solennel fait prendre conscience au témoin de l'importance de ses déclarations [Dulong, 1998]. Dans le cadre de la reconnaissance d'une personne décédée, ce procédé n'est pas appliqué. Le témoin n'a pas à jurer devant la Cour. Dès lors, le procès-verbal de présentation est le seul moyen permettant d'authentifier les informations. Quant à la signature de ce document, elle permet de sensibiliser le témoin sur l'impact et les conséquences de ses déclarations. Elle devient aussi un véritable procédé de certification.

Il peut arriver qu'un témoin annonce une identité civile, mais se refuse à signer le procès-verbal de présentation. Pour les enquêteurs, ce scénario n'est pas un échec. Il révèle soit le manque de fiabilité du témoignage, soit le refus d'endosser la responsabilité de la reconnaissance.

Au terme de l'établissement du procès-verbal de présentation, il faut encore respecter quelques règles habituelles en matière de témoignage [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999]. Les enquêteurs doivent veiller à :

- ◆ Renseigner le témoin sur ce qui va se passer, en particulier lorsque la reconnaissance a été positive (qui prendra en charge le corps, l'endroit où il se trouvera dans les heures qui suivent, quand une prise en charge sera possible, quelles sont les règles d'accès au lieu en question, etc.).
- ◆ Lorsque la reconnaissance a été positive, se renseigner sur la façon dont le témoin va passer les prochaines heures (ne pas le laisser seul).
- ◆ Offrir au témoin la possibilité de reprendre contact avec les enquêteurs, si nécessaire. Cette recommandation offre des avantages aux deux parties. Aux enquêteurs, elle permet d'obtenir des informations supplémentaires. Pour le témoin, c'est le moyen de poser des questions auxquelles il n'avait pas pensé ou qu'il n'avait pas osé poser, voire d'être orienté sur des difficultés auxquelles il est confronté.

- ◆ Remercier le témoin et, lorsque la reconnaissance a été positive, lui présenter des vœux de sympathie. Cette recommandation est importante, non seulement sur le plan humain, mais aussi sur le plan du processus de deuil. En effet, les enquêteurs sont les premières personnes qui formulent un tel message. Le témoin prend aussitôt conscience qu'une telle formulation amorce la phase du deuil sur le plan social.

Exemple 17 :

Septembre 1996: un jeune homme est découvert sans vie en bordure d'un terrain viticole situé au-dessus de Sion (VS). Il a mis fin à ses jours en laissant un message à l'intention de ses parents, lesquels sont séparés. C'est sa mère avec laquelle il vivait qui procède à la reconnaissance.

Une année après les faits, le père contacte les enquêteurs et leur demande un entretien. Les informations qu'il a reçues de son ex-épouse, avec laquelle il est en communication difficile, ne le satisfont toujours pas.

Les enquêteurs répondent à ses questions, puis le conduisent sur les lieux. À ce moment-là, ils constatent que ce père ne connaissait pas l'endroit où son fils avait mis fin à ses jours. L'entretien avait pour but principal de localiser le lieu précis où venir se recueillir.

Remarques

Le processus de reconnaissance ne doit pas écarter de façon systématique un processus d'identification, et inversement. En effet, l'identité civile désignée par un processus de reconnaissance peut servir de base pour diriger la recherche de matériel AM et parvenir ainsi à confirmer ou infirmer l'identité de façon scientifique. Et lorsqu'un processus d'identification est engagé et que des personnes souhaitent voir le corps qu'ils considèrent, à tort ou à raison, comme celui de leur proche, il est normal d'évaluer leur demande. C'est une démarche motivée par des raisons humaines qu'il convient de respecter. Dans tous les cas, la communication avec les proches doit constituer un devoir pour les enquêteurs.

Chapitre 4

CONCEPTS GÉNÉRAUX

Le but de ce chapitre n'est pas d'exposer de façon exhaustive l'ensemble des concepts propres à la science forensique, mais de présenter les principes fondamentaux qui seront ensuite examinés sous l'angle particulier de l'identification des personnes décédées.

La présentation des principes fondamentaux sera suivie de celle des processus d'identification et de comparaison [Locard, 1920] [Kirk, 1963] [Kwan, 1977] [Champod, 2000] [Inman et Rudin, 2001] [Dulong, 2004].

4.1. Contexte général en science forensique

Sur une scène de crime (et/ou sur une victime), le spécialiste forensique (désormais désigné par le terme spécialiste) observe, détecte puis examine des marques ou signes qu'il juge pertinents²⁹, soit des marques ou signes susceptibles d'être en relation avec l'action délictueuse.

Ces opérations de police scientifique s'appuient sur des principes qui guident l'analyse. Deux principes sont fondamentaux: le principe de transfert selon lequel tout contact laisse une trace [Locard, 1920] et le principe d'unicité selon lequel tout

²⁹ Selon FRE 401 (*Federal Rule of Evidence*): lorsqu'un fait est considéré comme conséquence d'une action, la pertinence de ce fait est sa tendance à rendre l'action plus ou moins probable qu'elle ne le serait sans ce fait.

objet de notre univers est unique [Kirk, 1963]. Sur un plan chronologique, un autre principe se défend: celui de la divisibilité de la matière [Inman et Rudin, 2001]. Ce principe rend logique la progression des étapes conceptuelles qui commence avec la compréhension de l'origine de la preuve et qui finit par l'estimation de la valeur d'un résultat d'analyse [Inman et Rudin, 2002]. Avant de savoir comment s'opère un transfert, le tout premier principe est celui qui permet de comprendre comment la matière se divise.

D'autres principes sont parfois cités. Il s'agit par exemple du principe d'association qui permet de lier une personne à un événement criminel ou le principe de reconstruction qui permet de comprendre la séquence d'événements passés [Inman et Rudin, 2002]. Mais il est proposé de ne retenir que les trois principes fondamentaux de divisibilité de la matière, de transfert et d'unicité, puis d'examiner de quelle façon ils apparaissent dans le travail du spécialiste au travers des processus d'identification et de comparaison. Ces processus seront considérés comme l'infrastructure de la pratique forensique, pratique qui débute avec la reconnaissance de l'élément de preuve.

4.1.1. Les principes

La divisibilité de la matière

Ce principe est énoncé comme suit: « *Matter divides into smaller component parts when sufficient force is applied. The component parts will acquire characteristics created by the process of division itself and retain physico-chemical properties of the larger piece* » [Inman et Rudin, 2002](pp.12). En considérant que la pièce principale est la source et que la pièce qui se détache est la trace, il s'avère que la façon dont la source se divise influence les résultats qu'est susceptible de révéler l'examen de la trace. Si la séparation n'a pas affecté la trace au point de la rendre inexploitable, la trace peut révéler des caractéristiques qui permettront de désigner, soit plusieurs sources possibles, soit une seule (individualisation).

Lorsque les particules séparées sont nombreuses et fines, leur configuration peut constituer une forme sans pour autant constituer une seule entité physique (traces de semelle détectées dans la poussière par exemple). Cet aspect de la divisibilité de la matière explique la complexité, en certaines circonstances, à délimiter des traces.

En dehors de son aspect épistémologique, ce principe est intéressant car il est placé dans un cadre très général qui dépasse autant le cadre exclusif de l'action criminelle que celui des décisions et des actions d'opérateurs. Dans le contexte d'une

activité délictueuse, la matière « séparée » peut devenir indice ou preuve³⁰, mais cela ne représente qu'un contexte particulier parmi d'autres. Ce principe est toutefois limité aux sources qui peuvent se diviser. En conséquence, il ne s'applique pas aux traces du type de celles laissées sur un film de surveillance ou sur un support informatique par exemple.

Étant donné que la matière divisée peut ne pas être perçue comme trace avant d'être détectée par un spécialiste, [Dulong, 2004] parle « d'invention de la trace » (conception qui s'apparente à celle de [Kaufmann, 2004] qui qualifie l'identité en des termes comparables: « l'invention de soi »).

Le transfert

Le principe de Locard part du constat que les auteurs laissent et emportent des traces ([Locard, 1920]). D'une part, l'auteur et/ou son matériel abandonnent des indices sur la victime et/ou sur la scène de crime. D'autre part, l'auteur et/ou son matériel emportent des indices appartenant à la victime et/ou à la scène de crime. En règle générale, les éléments matériels constituant les traces sont laissées et/ou emportées de façon involontaire par les auteurs.

L'unicité

Le principe d'unicité ou d'individualité attribué à Kirk établit que tout objet de notre univers est unique [Kirk, 1963]. Tout objet ne peut être semblable qu'à lui-même et à l'instant même de sa comparaison puisque tout est en perpétuel changement [Kwan, 1977]. Les fondements de ce principe se trouvent aussi dans la célèbre formule d'Héraclite: « *on ne peut pas entrer deux fois dans le même fleuve* » ou dans celle de Quételet: « *la nature ne se répète jamais* ». En vertu de ce principe, dès que la matière se divise ou dès qu'elle est transférée, les deux entités constituées – trace et source – forment deux entités distinctes ayant chacune leur unicité propre.

Le principe de divisibilité de la matière intervient sur les conditions initiales de création de certaines traces. Le principe de transfert intervient, en particulier, lors de l'action criminelle. Quant au principe d'unicité, tout à la fois nécessairement vrai

30 La preuve est un élément qui permet, à lui seul, de désigner une source parmi toutes celles possibles. Un indice est un élément qui rend plausible la désignation d'une source, mais qui est insuffisant pour la désigner de façon catégorique parmi toutes celles possibles.

et impossible à prouver [Broeders, 2006], il joue un rôle déterminant dans le processus d'identification.

4.1.2. Les processus

Sur un plan pratique, il est possible de retenir deux processus dans le travail du spécialiste: l'identification et la comparaison. En règle générale, ces deux processus sont intimement liés.

L'identification (ou la classification) et la comparaison

Le premier processus, l'identification, consiste à analyser les traces disponibles dans le but de les placer dans une classe délimitée la plus restreinte possible selon leur nature et leurs caractéristiques physiques et/ou chimiques. Réalisé sans disposer de sources putatives, c'est essentiellement un processus de réduction qui met en scène des caractéristiques dites de classe. L'individualisation est la phase ultime du processus d'identification [Kirk, 1963], phase qui est atteinte lorsque les caractéristiques sont jugées suffisamment singulières. Cependant, dans le langage courant, les termes « identification » et « individualisation » se substituent très souvent l'un à l'autre (en particulier dans le domaine de l'identification des personnes décédées qui signifie en réalité leur individualisation). Pour éviter la confusion, lorsque cela sera nécessaire, le terme de classification sera préféré à celui d'identification.

[Kwan, 1977] quant à lui distingue le processus d'identification, lequel permet de donner une identité qualitative (classe, ensemble de propriétés) d'un processus d'individualisation, lequel permet d'aboutir à une identité numérique³¹ (entité individuelle, identité existentielle).

Ainsi par exemple, ce processus d'identification permet au spécialiste d'identifier la trace qu'il examine comme étant une trace digitale sans pouvoir en dire davantage, ou de préciser qu'il s'agit d'une boucle à gauche. La classification pouvant être plus ou moins affinée, Kind considérait que l'identification représente la détermination du degré d'individualité [Kind, 1964]. Dans certains cas, le spécialiste arrête ses investigations à un degré d'individualité assez bas (identifier un produit comme étant de l'héroïne par exemple, sans en déterminer avec précision l'origine exacte). C'est le cas des identifications dites chimiques [Kirk et Kingston, 1964].

31 Le concept d'identité « numérique » a beaucoup évolué, notamment dans le contexte des technologies informatiques. Désormais, il représente autre chose.

L'identification est un processus basé sur des informations objectives, mais qui peuvent être évaluées de façon subjective [Champod, 2000].

En règle générale, la trace est un objet qui ne représente qu'une partie ou qu'un aspect de la source. En référence à l'ensemble des caractéristiques de la source, l'élément initialement à disposition – la trace – peut être limitatif par sa nature, sa qualité ou sa taille (la trace peut être partielle, déformée, détériorée ou superposée à d'autres).

En certaines circonstances, pour tendre vers une individualisation, le processus de comparaison est nécessaire. Il permet de déterminer le degré de correspondance entre la trace et un élément provenant d'une source putative, élément de même nature et présentant les mêmes caractéristiques de classe que la trace.

D'habitude, le spécialiste doit connaître avec autant de précision l'historique de la trace (via la continuité de la preuve³²) que celui de l'élément de comparaison (d'où provient-il, par qui, quand et comment a-t-il été réalisé par exemple). Lorsque la source est une personne, il n'est pas exclu que celle-ci soit à nouveau appelée à se soumettre à des examens complémentaires ou, sur un plan plus général, à devoir se justifier.

L'individualisation est atteinte lorsqu'il est possible d'établir un lien, selon certains critères définis, entre l'objet qui a été observé (une trace digitale par exemple) et sa source (le doigt, donc la personne dont l'empreinte digitale a généré la trace). Le degré d'individualisation le plus élevé possible est atteint lorsque le nombre des membres de la classe retenue est réduit à un seul. Cela signifie qu'il ne doit exister aucun autre objet avec les mêmes caractéristiques ou que la probabilité d'observer les mêmes caractéristiques sur un autre objet est nulle [Champod, 2000]. Ce résultat est l'essence du travail du spécialiste, ce qui fait dire à Kirk que la criminalistique est la science de l'individualisation [Kirk, 1963]. À noter que la détermination du seuil à partir duquel le degré d'identification est suffisant pour parler d'individualisation constitue une décision subjective. À ce titre, elle appartient à la Cour, pas au scientifique [Champod, 2000] [Broeders, 2006]. Particularité intéressante, ce seuil peut changer au fil du temps car l'état des connaissances évolue [Kind,

32 La continuité de la preuve (ou suivi de la trace, en anglais *chain of custody* ou *chain of evidence*) est l'appellation d'une procédure qui vise à pouvoir démontrer, en détail, toutes les opérations et les étapes franchies par un objet indiciel, de sa découverte sur les lieux jusqu'à sa présentation en qualité d'indice à la Cour. L'ensemble de ces informations doit constituer une chaîne ininterrompue. La continuité de la preuve est nécessaire afin d'assurer la valeur probante des résultats obtenus dans l'exploitation de l'objet indiciel. L'ensemble de ces exigences se justifie par le fait que la trace est « arrachée » à son lieu originel pour être exploitée [Dulong, 2004].

1964]. Ce qui est exigé à une époque (le nombre minimal de caractéristiques concordantes en dactyloscopie par exemple) peut être modifié ou abandonné par des instances pénales.

L'aspect décisionnel apparaît de façon claire dans la détermination du seuil à partir duquel une individualisation peut être prononcée. Même lorsqu'elle est basée sur des arguments probabilistes, une individualisation (tout comme une exclusion ou une non-détermination) constitue, *in fine*, une prise de décision. C'est dans ce contexte que [Biedermann et al., 2008] ont proposé d'examiner le processus d'identification en y intégrant cet aspect final, soit la prise de décision (cette approche est appelée « *full Bayesian (decision) approach* »). Pour ces auteurs, l'inférence et la décision sont connectées en ce sens qu'au terme des étapes d'analyse, une décision est prise. Le sous-chapitre 8.7. (Théorie de la prise de décision) reviendra sur ces aspects.

Pour [Cole, 2009], des approches du type de celles présentées par [Biedermann et al., 2008] permettent aux spécialistes de se passer de deux notions qui ne constituent pas des fondements épistémologiques solides en identification forensique: l'unicité (traitée ici comme un principe) et l'individualisation (traitée ici comme le résultat d'un processus). Il considère même que ces deux notions sont viciées car l'individualisation est irréalisable et l'unicité est non pertinente, banale. Toujours selon cet auteur, au terme de comparaisons entreprises par un spécialiste, la notion d'unicité ne se défend pas, mais ce sont essentiellement les définitions des expressions « les mêmes » ou « différents » qui sont déterminantes. Pour le spécialiste, le plus important est de savoir s'il a les outils nécessaires à discerner les caractéristiques qui pourraient lui permettre de distinguer l'objet d'intérêt d'autres objets du même type. Sous cet angle, ce n'est plus la notion d'unicité qui permet d'atteindre, dans les meilleurs cas, une individualisation, mais la capacité du spécialiste à discriminer (capacité pouvant intégrer divers paramètres dont le degré de précision ou des règles de détermination des similarités par exemple). L'auteur conclut que l'injonction des disciplines forensiques à tendre vers l'individualisation devrait être remplacée par celle de caractériser la valeur probante des éléments de preuve avec davantage de transparence et de précision.

Le fait d'examiner une trace place le spécialiste face à la question suivante: « *La trace examinée révèle-t-elle des caractéristiques suffisamment singulières pour que je puisse établir, parmi plusieurs sources putatives, un lien fiable avec la source véritable ?* » Si les caractéristiques de la trace ne sont pas suffisamment singulières, le scientifique sera limité dans sa capacité à pouvoir désigner la source véritable. À ce stade, des différences importantes apparaissent dans la façon de

formuler des résultats selon les divers domaines forensiques concernés par l'individualisation de personnes [Broeders, 2006]. Dans la plupart des cas, la dactyloscopie adopte des déterminations binaires (individualisations ou exclusions), alors que la génétique adopte des formulations probabilistes. En réalité, l'individualisation devrait toujours être affaire de probabilités [Champod, 2000]. L'incertitude du lien trace – source est toujours présente, quel que soit le domaine concerné, si bien qu'une approche probabiliste semble mieux adaptée qu'une approche déterministe. Comme démontré par [Kwan, 1977], toute forme d'individualisation résulte d'un processus abductif. Si des exclusions catégoriques sont possibles, aucun processus d'identification ne peut conduire à une individualisation catégorique, même avec des populations d'intérêt limitées. En conséquence, la désignation d'une source reste toujours un processus qui nécessite la quantification d'une prise de risque.

Toujours au sujet de l'individualisation, les systèmes biométriques font la distinction entre les processus d'identification (au sens d'individualisation) et de vérification [Cabal, 2003]. L'identification est la recherche d'un individu parmi plusieurs présents dans une banque de données (*a priori* l'identité de la personne n'est pas connue, soit 1:N). La vérification, ou authentification, est le processus qui consiste à vérifier si les données d'un individu correspondent à celles d'un individu précis présent dans la banque de données (*a priori* une identité est donnée, soit 1:1).

Dans le contexte d'affaires pénales, lorsque qu'une personne est désignée source d'une trace, c'est en réalité son entité physique qui est désignée. La personne peut annoncer une identité civile, ou une autre, sans que cela remette en cause le lien établi entre la trace et son corps. C'est pourquoi connaître la source signifie, de façon implicite, accepter l'identité civile de la source³³. En règle générale, cette constatation est admise tacitement par le spécialiste comme par la justice, y compris dans les cas où l'identité civile de la source est pressentie comme douteuse. En conséquence, il n'est pas nécessaire de mettre en place un concept méthodologique particulier imposant une procédure précise pour établir l'identité civile de la source.

Inférences Trace - Source

La démarche qui permet de relier une trace à sa source peut être schématisée par la progression de la classification jusqu'au stade ultime de l'individualisation au

33 À noter que dans ce travail, l'expression « identité de la source » est différente de celle utilisée par Kwan dans sa thèse. Ici, le mot « identité » fait référence aux informations administratives de l'identité civile. Kwan quant à lui utilisait cette expression dans un cadre beaucoup plus universel pour exprimer autant l'individualisation de personnes que d'objets.

moyen de la comparaison. Concernant le binôme trace – source, lorsque la source est une personne, le lien reliant la trace à cette personne peut être qualifié de lien direct (par exemple trace digitale – source de la trace, cf. niveau A sur la figure 4.1). Lorsque la source est un objet, appartenant à une personne, le lien reliant la trace à cette personne peut être qualifié de lien indirect (par exemple trace de chaussure – chaussures – propriétaire des chaussures, cf. niveau B sur la figure 4.1).

Les qualificatifs « directs » et « indirects » apparaissent parfois pour distinguer les indices des preuves. Pour la suite de ce travail, l'utilisation de ces qualificatifs sera réservée aux liens personne – trace et personne – identifiant.

Dans le chapitre consacré à l'identité (cf. 2.3, Discussion), il a été mentionné que l'identité devenait une notion abstraite qui n'apparaissait que par l'établissement d'un lien entre des informations et un individu en particulier. Dans ce sens, l'établissement d'un lien Trace-Source permet d'établir une identité qui pourrait être appelée « identité criminelle ».

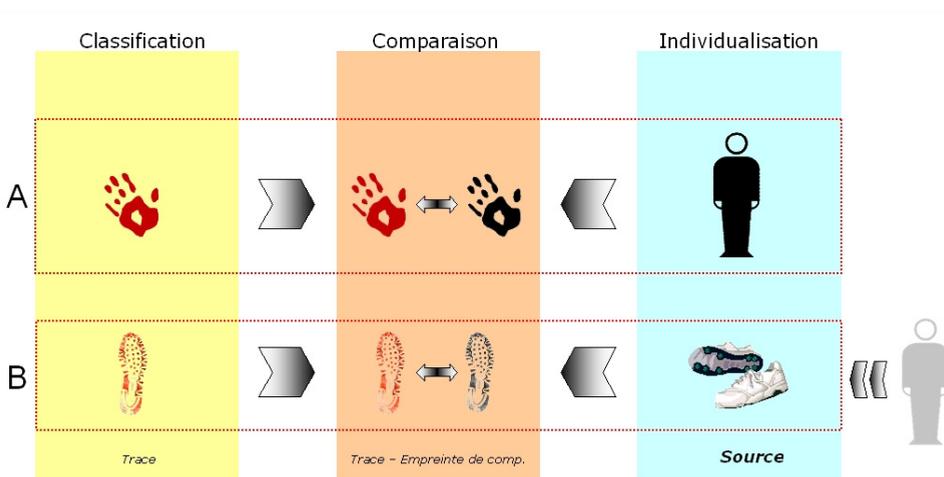


Fig. 4.1 - Schématisation des inférences trace – source. A: lien direct avec une personne. B: lien indirect.

4.1.3. Divers

Deux éléments particuliers sont pris en compte car ils révéleront des spécificités intéressantes dans le contexte des personnes décédées: la zone d'investigation et la population d'intérêt.

Pour des affaires criminelles habituelles, la zone d'investigation des spécialistes est la scène de crime. C'est à cet endroit que leur travail se focalise. En certaines circonstances, ils doivent élargir cette zone mais, en règle générale, cet élargissement se fait au détriment de la pertinence. Cet aspect conditionne la façon de gérer la scène de crime (évacuation, isolement, protection) et aussi les comportements des spécialistes qui mettront tout en œuvre, dans un espace limité, pour découvrir des traces. De leur côté, les enquêteurs ont une zone d'investigation différente. En complément du travail des spécialistes, ils dirigent leurs investigations en dehors de la scène de crime (recherches de personnes, auditions de témoins, enquêtes de voisinage par exemple).

Quant à la population d'intérêt, elle est constituée de l'ensemble des personnes ayant pu commettre le crime. En soi, il n'est pas réaliste de considérer la population de la Terre dans son ensemble car il existe toujours des indices matériels, géographiques ou temporels pour limiter cette population [Champod, 2000]. Mais en théorie et de façon générale, la population d'intérêt est un ensemble ouvert de suspects possibles (*open set*).

4.2. Discussion

Principe d'unicité et processus d'identification

Sur un plan philosophique, le principe d'unicité implique que chaque trace est unique et que chaque source est unique. Une telle interprétation – à laquelle Kirk fait appel « ... *pour justifier l'acceptabilité de son principe* » [Crispino, 2006] (pp.17) – rend compte de la complexité d'individualiser une source par l'analyse d'une trace. En effet, comment, à partir de deux unicités distinctes examinées à un moment donné (t_2), apporter la preuve d'une seule en un moment antérieur (t_1 , cf. figure 4.2) ?

En ce sens, le principe d'unicité joue un rôle de mise en garde précieux et invite à se poser la question centrale de savoir comment la source va être désignée. Mais peut-être à cause de sa formulation très simple, ce principe est invoqué dans un raisonnement qui s'écarte des concepts philosophiques. C'est le raisonnement qui consiste, en fonction de l'unicité d'un premier objet, à vouloir apporter la preuve de l'unicité d'un second au cas où les caractéristiques physiques et/ou chimiques des deux objets correspondraient. Le danger d'un tel raisonnement est qu'il s'écarte du principe d'unicité; il en est une extrapolation. Ce danger est présent lorsque la capa-

citée à apporter la preuve de l'unicité d'une source repose sur l'unicité attribuée à une trace. Cette extrapolation est courante dans les milieux judiciaires et policiers: si les spécialistes disposent d'une trace digitale pour laquelle ils annoncent une correspondance avec l'empreinte digitale d'un suspect, la désignation de la source est acceptée de façon quasi tacite. Ce raisonnement s'appuie davantage sur le fait que les empreintes digitales sont considérées comme uniques plutôt que sur la réelle évaluation du degré d'individualisation de la trace. En d'autres termes, dans une comparaison, ce ne sont plus les qualités respectives des éléments comparés qui deviennent déterminantes, mais l'unicité des empreintes digitales qui fait preuve de précision. Pour [Cole, 2004] [Cole, 2006], c'est « *the fingerprint examiner's fallacy* »; pour [Saks et Koehler, 2008], c'est « *the individualization fallacy* »: le spécialiste déclare que les empreintes digitales sont uniques, mais n'indique pas la précision de son processus; l'unicité d'un objet conduit à valider un processus de comparaison, alors que l'unicité ne dit rien sur la précision. Ce qui surprend dans ce constat est que l'unicité n'est pas prouvable en soi, alors qu'un niveau de précision semble pouvoir l'être.

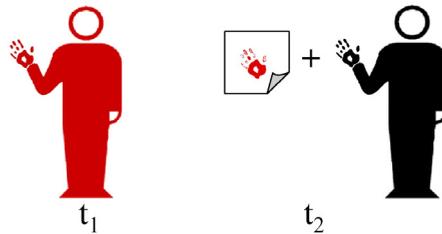


Fig. 4.2 - Schématisation de la problématique posée par l'individualisation de source (les variations de couleurs suggèrent que les états ont pu changer dans le temps).

Une autre illustration de ce danger apparaît dans des formulations du type de celle-ci: « *Fingerprint identification is based on two basic premises: (i) persistence: the basic characteristics of fingerprints do not change with time; and (ii) individuality: the fingerprint is unique to an individual.* » [Pankanti et al., 2002] (pp.1010)³⁴. L'essence du processus d'identification, dans le domaine de la dactyloscopie en l'occurrence, est d'établir un lien fiable entre une trace et sa source. Et la capacité à établir ce lien dépend davantage de la trace, soit du nombre et de la qualité de ses caractéristiques, que de la source. Or la seconde prémisse, telle que citée, ne fait mention implicite que de la source. À nouveau, c'est une extrapolation sub-

34 En anglais, une partie de cette problématique est entretenue par le terme « *fingerprints* », trop générique. En effet, très souvent, il est difficile de savoir si ce terme désigne des empreintes digitales (la source) ou des traces digitales.

tile mais réelle qui consiste à attribuer aux traces digitales une capacité qui devrait se limiter à celles de leur source. Et si les spécialistes font la différence, il n'est pas certain que les magistrats en saisissent toujours la nuance. Il est possible que ce type de malentendu ait nourri, durant de nombreuses années, une réticence à adopter, dans le domaine de la dactyloscopie en particulier, une formulation probabiliste pour les résultats de comparaisons. Pourtant, ce ne serait pas nier l'individualité des empreintes digitales que d'adopter ce type de formulation.

Dans les contextes forensiques habituels, la question fondamentale n'est pourtant pas de déterminer si les caractéristiques d'une source, prises dans leur ensemble, font de la source un objet unique. En soi, cette unicité n'est pas contestée. Il s'agit de déterminer si cette unicité peut être révélée par l'analyse des traces, lesquelles ne représentent qu'une partie incomplète et ponctuelle de l'ensemble des caractéristiques de leur source. En d'autres termes, la question est de savoir si l'unicité admise au niveau général (pour la source) peut s'appliquer au niveau particulier (pour la trace). La réponse est toujours affirmative sur un plan philosophique. Mais sur un plan physico-chimique, l'unicité « philosophique » de la trace ne peut pas être invoquée pour garantir la fiabilité du lien possible avec sa source. Ces réflexions conduisent au constat que « postulat d'unicité » et « processus d'identification » (quel qu'il soit) forment un mariage blanc. Le postulat d'unicité d'un objet ne peut pas être extrapolé au point de permettre la démonstration de l'unicité du lien entre cet objet et un autre objet. L'individualisation, l'exclusion ou la non-détermination sont des prises de décision qui s'établissent de cas en cas, en fonction de l'évaluation de différences et de similitudes observées entre des éléments comparés ainsi qu'en fonction du potentiel d'individualisation de l'élément le plus faible.

Pour [Kwan, 1977], le principe d'unicité est une induction tirée d'énumérations. Aucun principe scientifique n'atteste que deux empreintes digitales ou deux sinus frontaux sont différents. Ce ne sont que les observations successives de nombreux objets de même nature qui conduisent à considérer que le nombre total de configurations possibles de leurs caractéristiques dépasse de loin le nombre d'objets en question (à noter toutefois que les calculs réalisés pour évaluer l'ensemble des configurations possibles sont parfois inappropriés, cf. sous-chapitre 6.3.1, Analyse combinatoire). Le spécialiste passe du particulier au général. Et ceci mène vers la conclusion la plus plausible, soit celle d'accepter l'idée que la probabilité de trouver deux objets identiques est négligeable. Mais généraliser ce qui est connu de quelques cas à l'ensemble des cas n'est qu'une conjecture dont la vérité ne peut être garantie [George, 1997]. En d'autres termes, ce n'est pas parce que des caractéristiques sont jugées très différentes d'un objet à l'autre, en de très nombreuses occa-

sions, qu'il est possible d'en déduire que ces caractéristiques sont individualisantes en toutes circonstances. Comme il est dangereux de considérer qu'en l'absence de contre-exemple, un principe général peut en être déduit avec certitude. Dans ce type de raisonnement, l'intuition est mauvaise conseillère. Le paradoxe des anniversaires (ou les collisions fortuites) illustre cette problématique. Dans l'estimation du nombre de personnes qu'il convient de rassembler pour obtenir une chance sur deux que deux d'entre elles aient leur anniversaire le même jour, l'intuition suggère un nombre élevé. Les mathématiques démontrent pourtant que ce nombre est de 23 seulement³⁵.

Kwan relève qu'il y a quelque chose de plus profond dans la détermination d'une source que des correspondances de caractéristiques de classe et individuelles. Pour lui, le temps joue un rôle très important. L'unicité d'un objet n'est démontrée qu'en établissant la continuité de son existence. Il utilise même cet argument pour distinguer les caractéristiques de classe (qui ne dépendent pas des critères de continuité) des caractéristiques individuelles (qui en dépendent). En conséquence, l'identité qu'il qualifie de qualitative ne dépend pas du temps, alors que l'identité qu'il qualifie de numérique en dépend. Malgré des caractéristiques de classe qui peuvent rester stables, l'identité numérique change constamment au fil du temps. C'est un paradoxe, comparable à celui décrit par Héraclite avec l'exemple du fleuve. Pourtant l'identité numérique n'est pas multiple; elle est unique. Ce qui conduit Kwan à considérer que l'identité qualitative n'implique pas l'identité numérique et que son utilisation comme prémisse de l'individualisation, en certaines circonstances, peut même être discutable. Des caractéristiques provenant de deux sources différentes peuvent être non différentiables. Tout comme des caractéristiques différentes peuvent provenir de la même source. Ce dernier cas de figure est celui qui se réalise lorsqu'une source produit une trace, puis une empreinte de comparaison, soit deux éléments en des moments différents. Dans ce cas, pour parvenir à désigner la source de la trace en question, deux prémisses sont formulées. Sur un plan philosophique, ou sur un plan plus pragmatique tenant compte de l'intra-variabilité, la première stipule que chaque élément est unique. Ainsi il n'existerait pas deux empreintes absolument identiques issues de la même source. La seconde prémisse serait de considérer que la source est désignée lorsque la correspondance de ses caractéristiques avec celles de la trace a atteint le niveau le plus élevé possible. Ces deux prémisses sont contradictoires, ce qui conduit Kwan à écarter, dans ce cas, l'utilisation de l'identité qualitative pour inférer l'identité numérique. Ce raisonnement s'apparente à celui présenté ci-dessus selon lequel l'application rigoureuse

35 Cette probabilité ne doit pas être confondue avec celle qu'une personne donnée ait son anniversaire le même jour qu'une autre.

du principe d'unicité et son extrapolation sont contradictoires. À noter que dans les cas où les caractéristiques de classe seraient engagées pour démontrer l'unicité de source, elles doivent être constituées d'un ensemble de propriétés qui ne peuvent pas être partagées par d'autres sources, et que ces propriétés doivent être constantes et stables durant la période d'analyse.

L'intra-variabilité conduit à devoir considérer des différences explicables. Par son expérience, le spécialiste apprend que des différences peuvent être tolérées, dont celles qui résultent de l'intra-variabilité. Cependant, ces différences explicables posent un problème: elles sont prises en compte pour parvenir à désigner une source, mais sont difficiles à intégrer dans l'examen des caractéristiques de classe.

Approche hypothético-déductive

Ainsi, selon Kwan, en grande partie à cause de l'intra-variabilité, la désignation d'une source ne peut pas se faire en toutes circonstances en fonction des seules caractéristiques de classe. Cet auteur considère même que « ... *questions such as how much similarity is necessary and how much dissimilarity is tolerable in order to conclude identity of source are fundamentally irrelevant* » [Kwan, 1977](pp.41). C'est pourquoi il défend une approche « hypothético-déductive » (abduction - déduction). En lieu et place de partir de l'examen de caractéristiques de classe pour aboutir à la désignation d'une source, cette approche consiste à formuler des hypothèses mutuellement exclusives selon les informations connues (dont les caractéristiques de classe). Par ses examens, le spécialiste évalue ensuite, parmi toutes les hypothèses plausibles, celle qui s'avère la meilleure. Cette approche intègre le critère d'intra-variabilité. Le chapitre 8 (Modélisations bayésiennes) reviendra plus en détail sur cette approche.

Caractéristiques

La définition générale d'une caractéristique participant à la désignation d'une source est toujours une étape délicate dans les processus d'identification. Au-delà d'une définition basique, la difficulté réside dans le caractère circulaire que peut revêtir certaines explications. Exemple: l'unicité d'un objet peut se définir par un ensemble de caractéristiques, lesquelles sont définies comme étant celles qui, en fréquence de combinaison, sont capables de révéler l'unicité [Broeders, 2006]. L'unicité étant un postulat, cet auteur considère que le spécialiste peut aboutir, au mieux, à une décision subjective qu'un objet et un élément de comparaison ont la même origine. En soi, il ne peut pas le prouver.

Une caractéristique est une qualité, une propriété ou un paramètre utilisé pour caractériser un objet. Si la caractéristique est quantifiable, elle peut être continue, quasi-directe ou discrète [Kwan, 1977]. Certaines caractéristiques sont éphémères, complexes à définir ou se présentent sous des formes très difficiles à rendre exhaustives (comme les minuties d'empreintes digitales par exemple). Plus une caractéristique est rare, plus grande est la proportion de la population d'intérêt qui peut être écartée³⁶. La rareté d'une caractéristique, ou son potentiel d'individualisation, se déduit de sa fréquence d'occurrence dans la population d'intérêt retenue (si c'est un *open set*, c'est dans la population en général). C'est le pouvoir discriminant, c'est-à-dire la probabilité de permettre une discrimination entre deux objets pris au hasard dans la population d'intérêt. Pour [Kind, 1964], la valeur d'une caractéristique est liée à l'inverse de sa fréquence d'occurrence.

Lorsque des caractéristiques sont utilisées dans l'approche hypothético-déductive, elles doivent être indépendantes. Lorsque leurs fréquences d'apparition ne peuvent pas être quantifiées, elles peuvent être estimées par des probabilités subjectives.

Au niveau des modifications qui peuvent survenir dans le temps, la sélection d'une caractéristique doit respecter le principe selon lequel ses mesures d'intra-variabilité doivent être plus faibles que les mesures d'inter-variabilité. En effet, si la caractéristique varie davantage au sein d'un seul objet qu'entre divers objets, son utilisation est caduque.

4.3. Contexte de l'identification des personnes décédées

Selon [Crispino, 2006], le seul laboratoire d'expérimentation possible des principes de Locard et de Kirk est la scène de crime. En vertu de cette limitation, la première question est de savoir si les principes forensiques fondamentaux sont applicables au domaine de l'identification de personnes décédées.

Désormais, les principes et les processus seront examinés sous le seul angle que la source est une personne.

36 Pour Kwan, cet aspect d'exclusion doit être omniprésent dans la démarche du spécialiste. Chaque information sur un objet indicial a, en premier lieu, une valeur d'exclusion.

4.3.1. Les principes

La divisibilité de la matière

Le principe de divisibilité de la matière est applicable aux identifiants constitués de matière biologique issue de la source. C'est le cas de prélèvements de sang déposés auprès d'hôpitaux, ou de prélèvements de salive destinés à établir des profils génétiques (le prélèvement de salive est une première division, suivie de nombreuses autres nécessaires à l'établissement du profil). Par contre, pour d'autres types d'identifiants, ce principe reste limité, voire inapplicable. Ainsi par exemple, l'apposition d'empreintes digitales, de façon volontaire et encrée comme cela se pratique dans un service de police, procède déjà moins de ce principe. Quant aux données écrites, aux photographies et aux radiographies par exemple, les caractéristiques de la source ne sont pas divisées, mais décrites et enregistrées.

Ainsi, malgré une formulation *a priori* universelle, ce principe s'avère limité à certains identifiants seulement, soit à ceux qui concernent l'identité biologique et qui émanent directement du corps de la personne. La généralisation de « l'invention des traces » [Dulong, 2004] aux identifiants semble aussi inappropriée, les identifiants ayant une existence propre, en règle générale connue et consciente, avant qu'ils ne soient exploités dans le but d'une individualisation.

Le transfert

En faisant une lecture littérale, il semble légitime de s'interroger si le principe de Locard est applicable aux identifiants. En effet, ce principe implique l'action criminelle de façon claire et précise: « *La vérité est que nul ne peut agir avec l'intensité que suppose l'action criminelle sans laisser des marques multiples de son passage* » [Locard, 1920](pp.139). L'application stricte de ce principe ne s'applique ainsi pas aux identifiants qu'une personne a pu constituer de son vivant. Force est de constater que la formulation du principe de Locard semble beaucoup plus limitative que celle du principe de divisibilité de la matière, par exemple. En conséquence, emprunter le principe de Locard demande un élargissement de son champ d'application.

En soi, il est raisonnable de considérer que ce principe est applicable à d'autres actions que celles criminelles. Sur une scène de crime, les marques dont parle Locard sont celles qui définissent les conditions légales du délit ou du crime (atteintes à l'intégrité de la victime et atteintes aux biens). Selon Locard, l'action criminelle à l'origine de ces marques est supposée avoir une certaine « intensité ». Cela peut se

concevoir sans peine en référence au niveau de violence que nécessite une action comme celle de dominer par la force, de contraindre, de forcer un mécanisme ou de briser un objet. Mais comme le relève [Dulong, 2004], ces marques peuvent aussi concerner les actions connexes (marques de passage au sol, marques sur des objets déplacés, soit autant de marques possibles dans le contexte des activités de la vie courante avec des niveaux d'intensité en règle générale plus faibles ou plus ordinaires). Dès lors, rien ne semble s'opposer à un élargissement du principe. L'action criminelle s'intégrerait alors dans un contexte particulier pour lequel serait valable un principe plus général et plus universel (comme c'est le cas pour le principe de divisibilité de la matière). En considérant les choses sous cet angle, Locard aurait pu formuler le principe suivant: « *La vérité est que nul ne peut vivre sans laisser des marques multiples de ses actes...* » (définition intégrant la plupart des informations civiles), voire même en visant un niveau plus universel encore: « *La vérité est que nul ne peut être sans intégrer aussitôt des caractéristiques qui lui sont propres et sans laisser des marques multiples de ses actes...* » (définition intégrant la plupart des informations civiles et biologiques). Une telle formulation conviendrait à tous les identifiants, y compris aux identifiants indirects père, mère et enfants. En effet, la conception d'un enfant peut être vue comme la conséquence d'un contact entre le père et la mère ou, pour intégrer les formes artificielles de fécondation, comme la conséquence d'un contact entre un spermatozoïde et un ovule.

L'unicité

Le principe d'individualité de Kirk ne nécessite pas une adaptation particulière pour le domaine spécifique des personnes décédées. Le principe d'unicité est plus évident encore pour des sources qui sont des êtres humains que pour des objets (armes, outils par exemple). Sur un plan philosophique, l'unicité d'un identifiant s'impose autant que celle d'une trace. Mais la problématique d'une extrapolation du principe reste la même. Un danger apparaît lorsque la capacité à apporter la preuve de l'unicité d'une personne repose sur l'unicité de l'élément le plus faible, soit l'identifiant.

4.3.2. Les processus

L'identification (ou la classification) et la comparaison

À condition de disposer d'un corps, le processus d'identification ne pose pas de problèmes particuliers pour les personnes décédées. La classification s'effectue par

observation des caractéristiques générales du corps (sexe, couleur de peau, âge approximatif par exemple). En cas d'éléments épars (os, dents par exemple), la classification commencera par déterminer s'il s'agit de matériel humain ou non.

La différence essentielle par rapport aux situations forensiques habituelles est que le spécialiste dispose, dès ce premier processus, de la source. Cette spécificité modifie le contexte sans changer de façon fondamentale la problématique qui est l'individualisation de la source. Par définition, cette source est censée être non limitative, sauf cas de décomposition avancée ou de corps fragmenté. C'est l'identifiant AM qui peut être limitatif par sa nature, sa qualité ou sa taille. Cette configuration est inverse à celle courante en science forensique où c'est l'élément initialement à disposition du spécialiste (la trace) qui est limitatif.

De façon plus systématique encore que dans les cas forensiques habituels, le processus de comparaison est nécessaire pour parvenir à l'individualisation d'une personne décédée. En fonction d'une identité supposée, des identifiants sont recherchés, puis comparés à des éléments de même nature provenant de la personne décédée. La comparaison, qui peut aussi se faire avec des identifiants provenant de proches parents, permet de déterminer le degré de correspondance entre les éléments comparés.

Comme pour les traces, le spécialiste doit connaître avec précision l'historique des éléments PM (sorte de continuité de la preuve). Mais dans le contexte des personnes décédées, deux spécificités apparaissent. D'une part, s'il est souvent possible de procéder à de nouveaux éléments de comparaison avec un suspect dans une affaire criminelle, il n'est jamais possible de procéder à l'établissement de nouveaux identifiants directs. D'autre part, nouvelle conséquence de l'inversion du positionnement de la source, ce n'est plus la source qui est hors de contrôle des éléments provenant de la scène de crime: ce sont les identifiants. Dès lors, la continuité dans le temps³⁷ des identifiants (sur lesquels reposera la démonstration de l'identité de source) n'est pas toujours garantie; elle ne dépend plus exclusivement du spécialiste.

Par rapport aux domaines forensiques habituels, le stade ultime de l'individualisation est quelque peu différent lorsqu'il s'agit de personnes décédées. Il ne s'agit plus d'individualiser la source d'une trace en désignant une source parmi plusieurs possibles, mais de déterminer l'identité civile d'une source individualisée. La distinction vise deux objectifs: le premier consiste à désigner une source parmi plusieurs possibles, le second à déterminer son identité civile.

37 « ... it is apparent that source is removed in time from the objects being examined... » [Kwan, 1977](pp.24).

Concernant le premier objectif, dans la vie courante, l'individualisation d'une personne est possible de différentes façons [Jaquet-Chiffelle, 2006]. Quatre technologies principales sont souvent citées. Il s'agit des technologies qui impliquent:

1. une connaissance du sujet (ce qu'il sait, comme un mot de passe par exemple),
2. une possession (ce qu'il a, comme sa carte d'identité par exemple),
3. un état, une constitution (ce qu'il est, comme ses empreintes digitales par exemple) et
4. une action (ce qu'il fait, comme sa signature par exemple).

Pour individualiser une personne décédée, les technologies qui font appel à une connaissance et à une action n'entrent plus en ligne de compte. Quant à celles qui font état de ce que la personne possède, elles n'aboutissent qu'à l'établissement d'un lien indirect avec la source. Le fait de découvrir une carte d'identité de Monsieur A. sur un corps n'implique pas de façon nécessaire et systématique que ce soit le corps de Monsieur A. De telle sorte qu'avec les personnes décédées, les moyens qui permettent d'atteindre l'individualisation sont ceux qui exploitent l'état ou la constitution de la source.

Exemple 18 :

Octobre 1981: J.P., ressortissant britannique de 21 ans, disparaît en Valais lors d'une randonnée en montagne sur le Feegletscher, au-dessus de Saas-Fee.

Le 15.03.2007, les restes d'un corps à l'état de squelette sont découverts sur l'Alphubelgletscher, au-dessus de Saas-Fee. Parmi les disparus de la région, c'est la description des vêtements et du matériel de J. P. qui correspond le mieux à celle des effets découverts sur le corps. Mais les documents retrouvés sur la dépouille orientent les enquêteurs vers une autre identité. En effet, c'est le nom de M. B. qui apparaît systématiquement, bien qu'aucun M. B. ne soit porté disparu. Fait troublant: la photographie du dossier *ante-mortem* de J. P. correspond au visage figurant sur un document de M. B !

C'est l'examen du document comportant la photographie qui éclaircit la situation. La photographie de J. P. n'est pas originale. Cette falsification devait permettre à son porteur de bénéficier de diverses prestations, notamment de transports à prix réduits.

L'enquête a montré que les deux personnes se connaissaient et qu'elles habitaient au même endroit. Contacté, M. B. indiqua qu'il ne s'était pas rendu compte du vol de ses documents.

La démarche qui permet d'individualiser une personne en fonction de ce qu'elle est rejoint tout à fait celle qui est réalisée en science forensique par l'analyse de

traces. Et le principe d'individualité de Kirk se pose dans les mêmes termes et avec les mêmes contraintes. À nouveau, l'unicité de la source n'est pas mise en cause, mais il s'agit de déterminer si cette unicité est révélée par l'analyse des identifiants. À ce sujet, lorsque son objet d'étude est un des éléments du corps humain, chaque spécialiste a une propension manifeste à considérer que cet élément révèle l'unicité du corps. Quel que soit le domaine en question (empreintes digitales, dents, sinus frontaux par exemple), cette capacité n'a jamais été prouvée, car probablement impossible à l'être. Le fait de savoir si l'examen des identifiants permettra de restreindre les sources possibles à une seule personne constitue toujours une incertitude car ces identifiants ne représentent qu'une partie incomplète et ponctuelle de l'ensemble des caractéristiques de la source. En acceptant l'hypothèse que la totalité des minuties présentes sur les dix doigts d'une personne forme une configuration unique, comment fixer la limite à partir de laquelle l'unicité de la source ne sera plus révélée ? À un doigt, à un dixième de doigt ? Aucune réponse absolue et définitive ne peut être formulée³⁸.

Concernant le deuxième objectif, la détermination de l'identité civile de la source, le moyen appliqué le plus souvent dans la vie courante est la légitimation: la personne doit convaincre un observateur de son identité civile. Mais cette procédure ne peut s'appliquer aux personnes décédées. Comme indiqué au sous-chapitre consacré aux identités (cf. 2.3, Discussion), parvenir à l'individualisation d'une personne par son identité (soit l'identifier dans le langage courant) est un processus qui consiste à établir un lien entre cette personne et une identité. Dans ce contexte, le spécialiste a pour mission d'authentifier l'existence d'un lien entre la personne et un identifiant, identifiant qu'il doit rechercher avant de le vérifier [Jaquet-Chiffelle, 2006]. Selon cet auteur, le degré de certitude de l'individualisation dépend de la confiance que le spécialiste place dans ce lien ou, en d'autres termes, du pouvoir discriminant des informations et de leur fiabilité (difficulté à les modifier par exemple).

Dans les domaines forensiques habituels, il arrive que cet objectif de détermination de l'identité soit aussi pris en compte. Dans leur présentation d'un modèle des activités d'investigation et des processus propres à différents domaines forensiques, [Ribaux et al., 2006] citent l'inférence d'identité comme toute première inférence, avant celle de la source. Comme structure à cette inférence, ils généralisent celle du bertillonnage qui visait à comparer les mesures anthropométriques prises sur une personne avec des mesures collectées sur des prévenus. Le but est de déterminer

38 Cette constatation résulte aussi de la complexité à définir de façon précise et définitive ce qu'est une correspondance (*match*). [Robertson et Vignaux, 1995] relèvent à ce sujet que les critères adoptés, quels qu'ils soient, sont toujours arbitraires.

l'identité civile attribuée à une personne, y compris dans les cas où la personne aurait modifié cette identité.

En résumé, deux questions se posent:

- ① « *L'identifiant examiné, parmi plusieurs possibles, révèle-t-il des caractéristiques suffisamment singulières pour que le spécialiste puisse établir un lien fiable avec la personne décédée ?* »

Si les caractéristiques de l'identifiant ne sont pas suffisamment singulières, le spécialiste doit rechercher des identifiants supplémentaires. En d'autres termes, la source est unique, mais cette unicité peut ne pas être révélée par les caractéristiques de l'identifiant.

En cas de réponse positive à la première question, la seconde devient:

- ② « *Dans quelle mesure l'identifiant examiné permet-il de déterminer l'identité civile de la personne décédée ?* »

Inférences Source – Identifiant

La démarche globale qui permet de relier une personne décédée (la source) à une identité, civile ou biologique, peut être schématisée par la progression de la classification jusqu'à son stade ultime de l'individualisation au moyen de la comparaison (cf. figure 4.3).

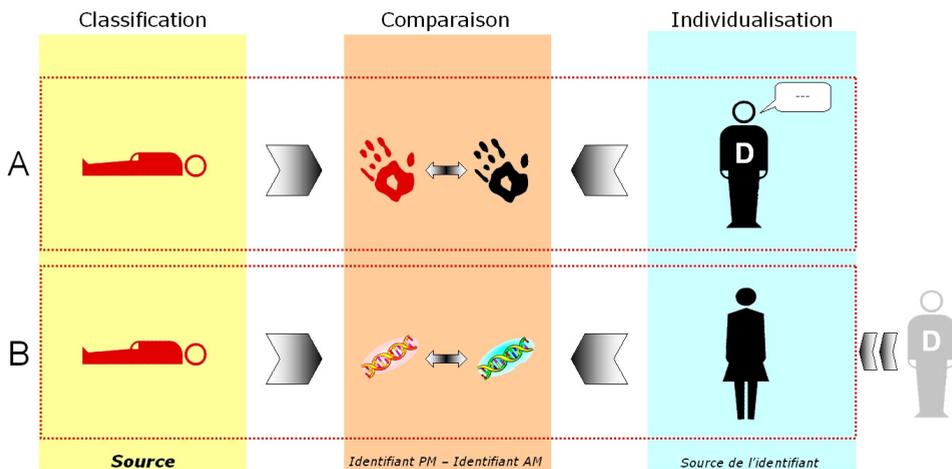


Fig. 4.3 - Schématisation des inférences reliant une personne décédée à une identité. A: lien direct avec une personne portée disparue (lettre « D »). B: lien indirect.

Les types de liens qui relient une source à une identité peuvent être traités de façon analogue à ceux qui relient une trace à une personne. Dans les cas où l'identifiant provient de la personne dont l'identité est supposée, le lien sera qualifié de direct (par exemple empreintes digitales, cf. niveau A sur la figure 4.3). Dans les cas où l'identifiant provient d'un proche parent de la personne dont l'identité est supposée, le lien sera qualifié d'indirect (par exemple ADN, cf. niveau B sur la figure 4.3).

4.3.3. Divers

La zone d'investigation définie pour le processus d'identification d'une personne décédée est différente de celle d'une scène de crime. Il ne s'agit plus de rechercher des traces dans une zone limitée par un événement, mais de lancer des recherches à l'extérieur de cette zone, soit dans une zone ouverte. En règle générale, la majorité des identifiants nécessaires à l'établissement d'une identité civile se trouvent en dehors du lieu de découverte du corps, dans des référentiels divers. Cet aspect peut sembler conceptuel et théorique, mais il est important pour une raison déjà citée dans l'inférence inverse: la pertinence. Alors que les traces les plus pertinentes se trouvent à l'intérieur de la scène de crime, les identifiants les plus pertinents se situent en dehors du lieu de découverte du corps. Exemple: lorsque le spécialiste relève les traces digitales et génétiques situées à proximité de la personne décédée, il pourra au mieux attester que la source de ces traces est la personne décédée. Mais la pertinence de ces identifiants est faible en terme d'identité civile. À noter qu'en certaines circonstances, le spécialiste doit adapter son comportement pour travailler tout à la fois sur la scène de crime (dans le but de déterminer la source de traces détectées) et à l'extérieur de celle-ci (afin de localiser des identifiants qui lui permettront de déterminer l'identité civile d'une personne décédée).

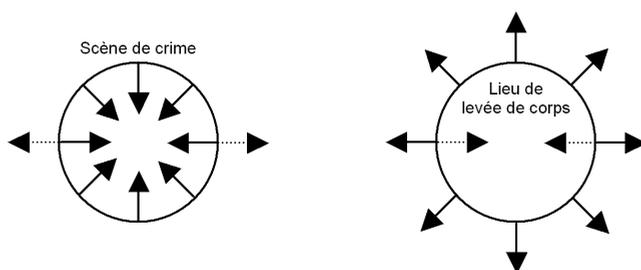


Fig. 4.4 - Schématisation des zones d'investigation propres aux processus habituels en science forensique (à gauche) et propres aux processus d'identification des personnes décédées (à droite).

Concernant la population d'intérêt, une différence importante apparaît aussi. Si le postulat de non-ubiquité avait pour effet d'augmenter le sentiment de plausibilité dans le processus de reconnaissance d'une personne décédée, il a pour effet de limiter la population d'intérêt dans les processus d'identification. Lorsque les caractéristiques de la personne décédée sont connues, il ne s'agit plus d'évaluer la probabilité de trouver ces mêmes caractéristiques sur une autre personne, prise au hasard, sur la Terre. Il s'agit désormais d'évaluer cette probabilité dans une population d'intérêt très spécifique (*closed set*) qui n'est constituée:

- ◆ que des personnes portées disparues [Keiser-Nielsen, 1977] et
- ◆ que des personnes correspondant aux caractéristiques de la personne décédée (selon l'état du corps, les caractéristiques telles que l'âge, la taille, la corpulence, la couleur de peau et celle des yeux sont connues, caractéristiques que des traces ne révèlent en principe pas).

Ces deux spécificités ont une grande influence, notamment sur les chances *a priori* de l'approche bayésienne qui sera présentée dans le chapitre 8 (Modélisations bayésiennes). En référence aux autres domaines forensiques, puisque ce sont les chances *a priori* qui sont concernées, ce devrait être à la justice d'approuver le choix de cette population limitée [Lempert, 1991] [Champod, 2000]. Mais pour le domaine de l'identification des personnes décédées, cette contrainte ne se justifie pas. Le *closed set* s'impose. Dans les faits, cette particularité est simple et très sélective. Elle s'avère particulièrement utile dans les cas d'investigations génétiques avec des référentiels indirects. Exemple: si une mère a un fils et qu'elle soit le référentiel indirect pour tenter d'identifier le corps d'un homme, lorsque les examens génétiques auront apporté la confirmation d'un lien mère-fils (identité biologique), l'identité civile de la victime sera établie.

En résumé, les principales différences entre les processus habituels en science forensique et ceux propres à l'individualisation des personnes décédées peuvent se résumer comme suit:

Table 4.1 - Synthèse des différences entre les processus habituels en science forensique et ceux propres à l'individualisation des personnes décédées.

	Processus habituels en science forensique	Processus propres à l'individualisation de personnes décédées
Élément initialement à disposition du spécialiste	Trace(s). Caractéristiques limitées.	Source. Ensemble des caractéristiques.
Élément recherché	Source. Ensemble des caractéristiques.	Identifiant(s). Caractéristiques limitées.
Zone d'investigation	Principalement fermée. Limitée à la scène de crime.	Principalement ouverte. En dehors du lieu de découverte du corps.
Population d'intérêt	Ouverte.	Limitée (les personnes décédées, portées disparues).
Objectif	Individualiser la source de la trace.	Déterminer l'identité civile de la source individualisée.
Question(s)	<i>La trace examinée révèle-t-elle des caractéristiques suffisamment singulières pour que le spécialiste puisse établir, parmi plusieurs sources putatives, un lien fiable avec la source véritable ?</i>	ⓐ <i>L'identifiant examiné, parmi plusieurs possibles, révèle-t-il des caractéristiques suffisamment singulières pour que le spécialiste puisse établir un lien fiable avec la personne décédée ?</i>
		Et si oui: ⓑ <i>Dans quelle mesure l'identifiant examiné permet-il de déterminer l'identité civile de la personne décédée ?</i>

4.4. Parentés des processus d'identification et de reconnaissance

Le processus de reconnaissance ayant été présenté (cf. chapitre 3), il est possible de procéder à une comparaison avec celui d'identification. Sous des intitulés différents, les expressions utilisées désignent en fait des processus tout à fait comparables. Cette parenté n'avait pas échappé à [Kind, 1964] qui faisait remarquer que les dynamiques en jeu dans le domaine de l'identification scientifique et dans celui des témoignages étaient les mêmes.

La nécessité, pour le cerveau humain, de procéder par perception catégorielle correspond tout à fait au processus de classification. La catégorisation et la classification sont tous deux des processus de réduction du nombre d'objets selon leurs caractéristiques. Et la valeur d'une caractéristique, dans un processus de classification

comme de catégorisation, est inversement proportionnelle à sa fréquence d'occurrence. Une caractéristique très rare permet un haut degré d'individualisation pour le scientifique, comme elle conduit à un effet de distinction élevée pour le témoin (*distinctiveness effect*). Le scientifique et le témoin progressent dans les processus de classification et de catégorisation par étapes successives. Certaines de ces étapes constituent des alternatives binaires (réactions positives ou négatives, particularités présentes ou absentes par exemple). À chacune de ces étapes, le nombre des membres d'une classe ou d'une catégorie diminue.

À la différence des témoins, les spécialistes ne font pas appel à des informations mémorisées. Cela peut toutefois se produire lorsqu'ils parviennent à classer des insectes, des fibres ou des poils en référence à des informations mémorisées.

Il est possible de poursuivre la comparaison au sujet des explications ou des justifications données en cas d'erreurs. Lorsqu'un dactyloscope considère à tort que deux empreintes digitales proviennent de la même source, il se peut qu'il minimise les critères d'inter-variabilité. Lorsqu'il considère à tort que deux empreintes digitales ne proviennent pas de la même source, il se peut qu'il amplifie les critères d'intra-variabilité. Les propensions à exagérer les différences (en cas de fausses exclusions) ou à les minimiser (en cas de fausses identifications) ne sont pas que des attitudes propres aux témoins. C'est un mécanisme humain. Quant au sentiment de confiance, c'est un paramètre tout aussi difficile et complexe à mesurer pour le témoin que pour le spécialiste.

La conclusion de cette comparaison croisée réside peut-être dans le fait que les domaines forensiques, qui font appel à des sciences appliquées basées essentiellement sur les lois de la physique et de la chimie, sont aussi concernés par des mécanismes propres aux sciences humaines.

4.5. Identifiants

Les identifiants principaux sont les empreintes digitales et palmaires, les données dentaires, l'ADN et les données médicales.

Dans son guide consacré aux procédures d'identification de personnes décédées, Interpol considère ces quatre identifiants comme des éléments objectifs permettant de procéder à une identification dite primaire [Interpol, 1998]. Quant à l'identification secondaire, elle est basée sur les vêtements, les effets personnels et la reconnaissance. Un risque de confusion peut apparaître avec cette appellation car

certains pays utilisent les mêmes qualificatifs pour distinguer la chronologie des procédures engagées. Ainsi, il peut arriver que l'identification primaire désigne le premier processus ayant permis d'associer une identité à un corps. Ce premier processus doit être confirmé par un second, indépendant du premier: c'est l'identification secondaire [Haines, 1974].

Parmi les identifiants principaux, Interpol distingue les éléments pouvant être relevés par examen externe (les empreintes digitales et certaines données médico-légales) de ceux nécessitant un examen interne (les données dentaires, l'ADN et certaines données médico-légales).

Pour la suite de ce travail, il ne semble pas indispensable de retenir ces différents qualificatifs.

En matière d'harmonisation des règles relatives aux autopsies médico-légales, le Conseil de l'Europe a repris les recommandations d'Interpol et y apporte quelques précisions. Dans le but d'identifier les personnes décédées, il distingue sept points [Conseil Europe, 2000](Principe III – Identification). Il s'agit 1- de l'identification visuelle, 2- des effets personnels, 3- des caractéristiques physiques, 4- de l'examen dentaire, 5- de l'examen anthropologique, 6- des empreintes digitales et 7- de l'identification génétique.

Les trois identifiants principaux examinés dans les prochains chapitres seront les empreintes digitales et palmaires (chapitre 5), les dents (chapitre 6) et l'ADN (chapitre 7). Quant aux données médicales, elles ne seront pas prises en compte pour deux raisons. En premier lieu, les identifiants retenus sont ceux qui sont les plus souvent engagés. En second lieu, les données médicales touchent à des disciplines très diverses. Les aborder impliquerait d'entrée un choix réducteur et les synthétiser serait très complexe. Quelques-unes de ces disciplines sont abordées dans les grandes lignes ci-après.

4.5.1. Données médicales

L'utilisation des données médicales à des fins d'identification est ancienne. Le fondateur de la chirurgie moderne et des premières techniques d'autopsie, Ambroise Paré (~1510-1590), était déjà sensible à la problématique de l'identification des personnes qu'il autopsiait. Plus tard, un autre français, Auguste Ambroise Tardieu (1818-1897), cité par Locard, indiquait de façon explicite le rôle du médecin légiste dans la détermination d'une identité: « *On comprend sous le nom de questions d'identité les recherches et la constatation des signes physiques à l'aide des-*

quels il est possible d'établir, soit pendant la vie, soit après la mort, l'individualité de personnes inconnues (identité absolue), ou encore la participation de tel ou tel individu à certains actes déterminés (identité relative) » [Locard, 1932](pp.8).

De nos jours, les données médicales bénéficient de techniques de plus en plus variées et sophistiquées. Cependant, ces progrès n'allègent pas les exigences relatives à la présentation de preuves scientifiques devant la Cour. Aux États-Unis, les débats sur l'admissibilité de telles preuves malmènent, parfois à juste titre, autant les preuves médicales que celles issues des domaines forensiques [Christensen, 2004].

D'une façon générale, il est possible de distinguer deux catégories principales parmi les données médicales pouvant jouer le rôle d'identifiants:

- ◆ Les données écrites qui apportent des renseignements sur le corps du patient, avant ou après des interventions médicales ou chirurgicales. Ces données peuvent être des descriptions de particularités physiques (amputations, sixième doigt, naevi, verrues de grande taille par exemple) ou des informations sur des éléments « étrangers » intégrés pour lesquels une traçabilité existe (pacemakers, plaquettes et vis numérotées par exemple).
- ◆ Les données non écrites disponibles sur un support photographique (dont les radiographies X) ou tout autre système d'imagerie médicale (dont les résultats de scanners), données résultant d'examen pouvant être reconduits sur le corps d'une personne décédée. Ces supports permettent d'envisager des comparaisons AM-PM.

Dans les processus d'identification, les données imagées (en particulier les radiographies X) sont préférées aux données écrites car les informations qu'elles révèlent sont jugées plus objectives. Les référentiels de ces identifiants sont des dossiers médicaux présents dans des hôpitaux, auprès des médecins de famille ou de spécialistes divers (dont ceux de l'armée).

Des comparaisons de radiographies AM-PM sont réalisées depuis le début du siècle passé. Elles permettent de fournir des informations sur des caractéristiques anatomiques, pathologiques ou traumatiques (résultant d'accidents ou d'interventions chirurgicales). Les caractéristiques révélées proviennent en grande partie du squelette (bassin, crâne, sinus frontaux, vertèbres par exemple), structure qui garantit une certaine stabilité dans le temps [Jablonski et Shum, 1989]. Ces auteurs notent que si les radiographies AM et PM d'adultes couvrent une période inférieure à deux ans, l'intra-variabilité est très faible, situation qui peut se dégrader lorsque cette période est supérieure à dix ans. Les radiographies dignes d'intérêt peuvent

aussi concerner des organes comme les poumons et révéler, de façon connexe, des informations sur d'autres parties du corps, visibles sur les clichés. Lorsqu'il y a eu fractures ou maladies, les spécialistes considèrent que les caractéristiques pathologiques et post-chirurgicales ont un potentiel discriminant plus grand pour prononcer une identification que des caractéristiques anatomiques normales. C'est dans ces cas-là aussi que la probabilité de découvrir des radiographies AM est la plus élevée.

Lorsque des radiographies AM sont disponibles, ce processus d'identification peut être engagé dans des cas pour lesquels l'utilisation des autres identifiants principaux n'est pas envisageable (corps décomposés, calcinés, mutilés, squelettiques, données dentaires non disponibles ou insuffisantes par exemple). Selon [Angyal et Dérczy, 1998], lorsque les empreintes digitales ne sont pas répertoriées, l'utilisation des données médicales joue un rôle important pour des personnes décédées issues de couches défavorisées de la société. En effet, en cas de difficultés économiques, les traitements dentaires sont souvent supprimés (car non pris en charge par les systèmes de couverture sociale). De plus, il est courant que les personnes vivant en marge de la société aient coupé tous liens familiaux, ce qui peut compromettre le travail d'un généticien.

Sur une personne décédée, il est recommandé de réaliser les radiographies X avant de procéder à l'autopsie pour éviter des altérations accidentelles.

[Hogge et al., 1994] ont réalisé un test pour évaluer la précision des identifications annoncées par comparaisons de radiographies médicales. 10 radiographies PM devaient être comparées à 40 radiographies AM pour déceler 10 correspondances. Les radiographies concernaient diverses parties du corps dont le crâne, la colonne vertébrale, le bassin, l'abdomen, les jambes, les mains. Trois groupes d'opérateurs ont été testés: des étudiants en médecine sans formation radiologique spécifique (groupe un), des étudiants ayant des connaissances élémentaires en radiologie (groupe deux) et des radiologues avec plusieurs années d'expérience (groupe trois). Les pourcentages résultant du nombre d'identifications correctes divisé par le nombre total de réponses données ont été de 84% pour le groupe un, 92% pour le groupe deux et 95% pour le groupe trois. À noter que dans chaque groupe, les résultats variaient selon les parties de corps examinées (pour le groupe trois, les taux variaient de 79% pour la jambe à 100% pour la colonne vertébrale). Ainsi, bien qu'aucun groupe n'ait atteint une précision maximale, l'expérience a montré que la précision des identifications dépend de l'expérience et des connaissances des opérateurs. Ces qualités sont nécessaires pour évaluer si des divergences AM-PM sont exclusives ou si elles résultent de phénomènes dégénératifs.

L'Institut de médecine légale de Berne a évalué la possibilité de comparer des radiographies AM et PM de types différents [Pfaeffli et al., 2007]. Ces auteurs ont démontré qu'il était possible de comparer des radiographies AM conventionnelles (rayons X) avec des images PM résultant de nouvelles technologies, par exemple la tomographie calculée par ordinateur³⁹ (*Computed Tomography* CT) ou l'imagerie par résonance magnétique⁴⁰ (IRM). Ces techniques apportent un avantage dans le sens où elles permettent de sélectionner la vue qui est la plus semblable possible de celle figurant sur le cliché AM, opération qui n'est pas toujours facile à réaliser en radiologie traditionnelle. À noter que le nombre de clichés AM réalisés avec ces nouvelles technologies va augmenter de façon progressive au fil du temps. Cette généralisation conduira à comparer des données AM et PM issues d'imagerie médicale (cf. exemple illustré sur la figure 4.5).

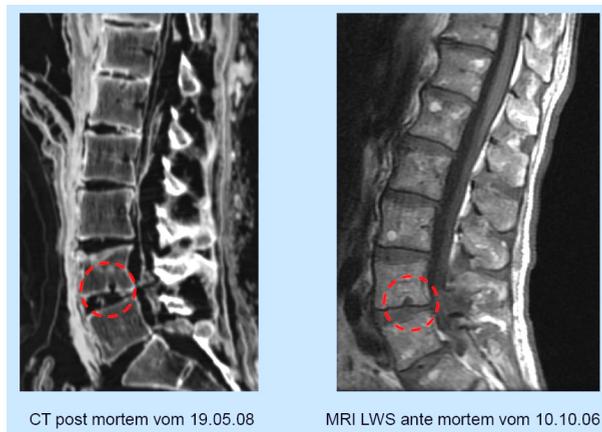


Fig. 4.5 - Exemple d'une comparaison de radiographies AM-PM réalisée par l'Institut de médecine légale de Berne dans le cadre d'un cas valaisan. L'image de gauche a été obtenue par tomographie, celle de droite par résonance magnétique.

Les identifiants issus de données médicales sont présentés de façon succincte selon la partie du corps concernée.

- 39 Technique d'imagerie médicale qui permet de reconstruire des vues en trois dimensions des parties du corps soumises à examen. Une série de mesures est effectuée par fines tranches de quelques millimètres de l'ensemble des structures qui composent l'intérieur d'un volume.
- 40 Technique d'imagerie médicale qui permet d'établir des vues, en deux ou trois dimensions, des parties du corps auxquelles une combinaison d'ondes électromagnétiques à haute fréquence est soumise. Le signal réémis par certains atomes permet de déterminer la composition chimique et ainsi la nature des tissus biologiques en chaque point du volume imagé.

Le crâne

Lorsqu'un corps est découvert à l'état squelettique, certains spécialistes proposent de superposer la radiographie du crâne à la photographie AM de la personne dont l'identité est supposée. Cette approche qui atteindrait selon [Jayaprakash et al., 2001] une fiabilité de quelque 90% impose de photographier le crâne selon le même angle de prise de vue que celui du visage photographié. Pour réaliser la superposition, les deux images doivent être à la même échelle, échelle qui n'est pas toujours facile à déterminer. Un autre paramètre est difficile à évaluer: l'épaisseur de la peau, soit la distance que le spécialiste concède entre la surface du visage et la surface du crâne (plus la peau est épaisse, plus ce paramètre est difficile à estimer). Ces difficultés rendent la technique approximative et davantage pertinente pour l'exclusion que pour l'identification. C'est pourquoi les auteurs proposent de compléter cette approche par une morpho-analyse cranio-faciale. Ils avancent l'hypothèse que les caractéristiques faciales d'un individu, visibles de son vivant, sont les conséquences de particularités observables sur les os de son crâne. En conséquence, l'analyse d'un crâne devrait permettre de formuler des hypothèses sur l'apparence de la personne, donc de confirmer ou d'infirmer les résultats d'une superposition d'images. L'analyse consiste à mesurer divers paramètres tels que la proéminence frontale, la largeur de la base du nez, le profil du menton ou à détecter des asymétries osseuses. À noter que la région nasale semble être une des zones les plus discriminantes du squelette humain (certains spécialistes proposent des classifications avec plus de 240 types de nez différents). Cette analyse complémentaire est censée augmenter la fiabilité du processus de superposition d'images. Cependant, elle ne règle pas toutes les incertitudes de ce procédé. Ainsi les asymétries squelettiques ne sont pas toujours visibles au niveau du visage alors que des similitudes apparaissent entre personnes différentes, en particulier entre jumeaux. Et la méthode anthropométrique ne répond pas à la question capitale de savoir quelle est l'identité de la personne présente sur la photographie AM.

Les approches plus traditionnelles consistent à comparer des radiographies AM et PM du crâne, dont les sinus frontaux. Par rapport à la méthode décrite ci-avant, l'exploitation d'images radiographiques permet la comparaison de caractéristiques osseuses internes et externes, ce qui augmente de façon considérable le nombre potentiel de points de comparaison entre deux images [Jablonski et Shum, 1989].

Les sinus frontaux

Les radiographies réalisées au niveau de la tête révèlent des caractéristiques anatomiques maxillo-faciales dont les plus utilisées dans les processus d'identification sont celles des sinus frontaux, des cavités orbitaires, des cavités nasales et de l'os sphénoïde⁴¹.

Les sinus frontaux sont localisés dans l'os frontal, logés dans l'arcade sourcilière et formés d'une paire de cavités, presque toujours asymétriques, qui communiquent avec la fosse nasale. Ils se développent dès la deuxième année de vie pour atteindre leur taille définitive vers l'âge de 20 ans. Dès cet âge, leurs caractéristiques anatomiques, qui semblent influencées par des facteurs comme l'origine ethnique, le sexe ou des maladies affectant le développement, restent stables au fil des ans. Leur pouvoir discriminant est jugé élevé et permet de distinguer des jumeaux univitellins.

Un des premiers cas d'identification de personnes par comparaison de radiographies des sinus paranasaux a été réalisé par Culbert et Law en 1927 [Jablonski et Shum, 1989] [Wood, 2006]. Ce processus d'identification a été étudié à maintes reprises [Kirk et al., 2002]. Ces auteurs ont mesuré les largeurs, hauteurs et surfaces des sinus frontaux de 35 individus. Dans tous les cas où des radiographies étaient disponibles, ils ont considéré qu'une identification était possible, quelles que soient les causes de la mort (explosion, calcination, lésions d'armes à feu) et quelles que soient les périodes AM-PM (pour autant que la radiographie AM ait été faite après l'âge de 20 ans). À relever que les radiographies dentaires constituent un support trop souvent sous-estimé sur lequel les caractéristiques des sinus frontaux peuvent être visibles, y compris chez des personnes totalement édentées. Pour cette catégorie de personnes, [Richmond et Pretty, 2007] mentionnent que des radiographies dentaires effectuées avant l'extraction des dents sont d'une grande utilité car elles constituent, dans de nombreux cas, des enregistrements AM des caractéristiques du crâne et des sinus en particulier.

Dans les milieux de l'anthropologie et de la radiologie, les sinus frontaux sont souvent considérés comme un identifiant de qualité. Plusieurs spécialistes qualifient cet identifiant d'« unique » [Jablonski et Shum, 1989] [Marlin et al., 1991] [Angyal et Dérczy, 1998] [Kirk et al., 2002]. D'autres sont plus prudents et parlent d'un haut potentiel d'individualisation [Pfaeffli et al., 2007]. Cependant, le postulat d'unicité des sinus frontaux, le manque de standards dans les méthodes de comparaison, l'absence d'études empiriques à large échelle et la non-connaissance des

41 Os de la base du crâne.

taux d'erreur dans les processus de comparaison en font une discipline critiquée [Christensen, 2004]. Il n'existe pas de critères précis pour définir une correspondance (*match*). Quant aux non-correspondances, elles peuvent parfois provenir de circonstances particulières. Ainsi la même caractéristique osseuse radiographiée au niveau AM puis au niveau PM sur un squelette sec, décharné, fait apparaître des différences de par la simple modification du contexte. Autre exemple: la mauvaise manipulation d'un appareil de prise de vue radiographique peut faire croire, sur un cliché, à une fracture qui n'existe pas [Wood, 2006]. De tels phénomènes, s'ils ne sont pas correctement interprétés, peuvent conduire à des fausses exclusions. Des recherches doivent encore être entreprises pour évaluer la fiabilité des caractéristiques propres aux sinus frontaux et pour établir des standards objectifs permettant de confirmer ou de rejeter des identifications.

Le bassin

Au terme de la croissance, les os du bassin ont une forme relativement stable pour le reste de la vie. En règle générale, seuls des accidents ou des maladies peuvent produire des changements. En terme de référentiel, la probabilité que des radiographies du bassin aient été réalisées augmente avec l'âge. La taille et la solidité de cette partie du corps offrent deux avantages particuliers. D'une part, le bassin résiste bien aux altérations PM. D'autre part, les radiographies AM doivent couvrir une large zone, ce qui permet de fixer sur les clichés des détails anatomiques d'autres parties du squelette, dont les vertèbres [Pfaeffli et al., 2007]. Ces auteurs relèvent que les caractéristiques du bassin doivent être examinées en combinaison avec d'autres pour permettre une identification.

Les structures alvéolaires

Une technique rare consiste à utiliser les caractéristiques anatomiques des structures alvéolaires proches des dents dans les comparaisons AM-PM.

Les dents sont nourries par de petits canaux en forme de tubes présents dans l'os alvéolaire. Ces canaux nourriciers contenant des tissus neurovasculaires ont une longueur variant entre 2,0 et 10,0 mm, et une largeur entre 0,5 et 2,0 mm. Leur structure est composée de fines lignes, de courbes ou de boucles. Pour être rendus visibles, ces canaux nécessitent des radiographies de très bonne qualité. Entre 5 et 54% de la population présentent ces structures alvéolaires sur leurs radiographies dentaires [Fielding, 2002]. Cette fréquence semble influencée par l'âge (davantage de détection après 35 ans), par la race (davantage de détection chez les Noirs), par

des maladies chroniques et par l'extraction des dents. Ce dernier point est très intéressant. En effet, le nombre de ces canaux nourriciers augmente lorsqu'il y a résorption osseuse. Étant donné que ces structures persistent après l'arrachage des dents, leur exploitation s'avère ainsi une technique possible pour identifier des personnes totalement édentées en se référant à leurs données radiographiques AM [Richmond et Pretty, 2007].

4.4.2. Autres identifiants

La plupart des autres identifiants fournissent des informations biométriques au potentiel d'identification non négligeable pour des besoins forensiques. Par contre, leur utilisation dans les processus d'identification de personnes décédées est compromise par les effets de l'inversion du positionnement de la source (cf. sous-chapitre 4.3). En effet, certains de ces identifiants (empreintes d'oreilles, de lèvres par exemple) peuvent être exploités lorsqu'ils sont découverts en tant que traces dans des cas criminels. Dans ce contexte-là, des éléments de comparaison peuvent être prélevés sur des suspects puis confrontés aux traces. Mais dans le processus d'identification de personnes décédées, il ne s'agit plus de rechercher une source, mais des identifiants auxquels doivent être liées des identités. Et pour la plupart des identifiants présentés ci-après, de façon non exhaustive, la rareté de tels référentiels compromet leur exploitation.

Les tatouages

Les tatouages remontent bien avant notre ère (18'000 ans avant Jésus-Christ au moins), estimation qu'autorisent les matières colorantes et les outils (lames, perceurs, microsilex) retrouvés sur différents sites archéologiques [Hébrard, 1992]. Il semble que le mot « tatouage » ait été importé de Tahiti par le capitaine Cook lors de ses voyages (1772-1776)⁴².

Différents types de classification ont été proposés selon la symbolique attribuée: motifs décoratifs ou ethniques, signes religieux, moyens prophylactiques ou masquage de zones d'injection pour des toxicomanes par exemple. Le principe du tatouage est d'introduire, par divers moyens, des matières colorantes végétales ou minérales sous l'épiderme afin de produire un dessin ou un relief visible à la sur-

42 Les habitants de cette île se faisaient faire de dessins (« ta ») par des représentants religieux (« Atouas »), ce qui fit passer les « Taatouas » progressivement vers « ta-touages » en français.

face de la peau. En grande partie insolubles, les pigments se concentrent dans les espaces inter-cellulaires. Un mécanisme de défense de l'organisme en détruit un tiers environ; le solde restant est assez stable pour résister à la macération dans l'eau ou à la décomposition des tissus mous.

Toujours selon [Hébrard, 1992], il existe quatre techniques principales, chacune visant à garantir une pérennité la plus grande possible:

1. **Le tatouage par piqûres.** Il s'agit d'introduire des pigments colorés à une profondeur de 1 à 3 mm. C'est le type de tatouage le plus courant dans nos régions.
2. **Le tatouage par scarification** (*cutting*). Pour un effet en relief, la peau est incisée avec un objet pointu provoquant la formation d'une cicatrice. Pour un effet en creux, il faut enlever une partie de l'enveloppe superficielle de la peau. Dans les deux cas, des produits sont appliqués, avec ou sans pigments de coloration, pour empêcher une cicatrisation normale. Ce type de tatouage trouve son origine en Afrique de l'Ouest, en Papouasie ou en Nouvelle Zélande, car le tatouage classique se distingue mal sur les peaux sombres.
3. **Le tatouage par brûlures** (*burning, branding*) est une variante consistant à brûler superficiellement la peau, parfois avec une petite tige végétale incandescente produisant une cicatrice circulaire. Ce type de tatouage a son origine dans des pays comme le Brésil, le Congo, le Gabon.
4. **Le tatouage par le fil** consiste à passer un fil enduit de noir de fumée à l'aide d'une aiguille dans la peau. En passant dans les tissus, le fil se décharge d'un colorant qui apparaît par transparence en bleu foncé.

Il y a plus d'un siècle, Auguste Ambroise Tardieu citait déjà la possibilité d'exploiter les tatouages dans le cadre du processus d'identification [Tardieu, 1853]. Locard considérait aussi que le tatouage constituait un archétype d'une marque particulière à la valeur singulière [Locard, 1932]. Mais l'utilisation de cet identifiant n'est toujours pas formalisée de façon précise.

Dans le processus d'identification d'une personne décédée, deux paramètres sont nécessaires. En premier lieu, le tatouage doit être d'une complexité suffisante pour révéler plusieurs points caractéristiques. Un tatouage formé de trois points équidistants à la base du pouce et de l'index⁴³ est l'exemple d'un dessin insuffisant. En se-

43 Symbole du message « mort aux vaches ». Le message original était « mort aux *Wache* », expression des Français destinée aux sentinelles allemandes qui montaient la garde (*die Wache*) durant la seconde guerre mondiale.

cond lieu, il convient de disposer d'un témoin ou d'un référentiel (enregistrement AM du tatouage pouvant être comparé à celui de la personne décédée). Les processus engagés sont différents selon les scénarios:

- ◆ **Aucun référentiel.** Le tatouage PM est présenté à un proche de la personne dont l'identité est supposée. Si une identité civile est annoncée par le témoin, il s'agit d'un processus de reconnaissance.
- ◆ **Référentiel constitué d'une image sans identité liée.** Le témoin transmet une photographie d'un proche porté disparu sur laquelle figure un tatouage comparable à celui de la personne décédée. Dans ce cas, même avec des comparaisons de tatouages réalisées en bonne et due forme, il s'agit d'un processus de reconnaissance. En effet, le cadre scientifique de la comparaison n'écarte pas le fait que l'identité de la personne décédée résulte toujours d'une information communiquée par le témoin.



Fig. 4.6. Photographie réalisée par un service de police lors de l'enregistrement des données signalétiques de Monsieur A. Le numéro rendu partiellement flou est un numéro individuel (PCN – *Process Control Number*).



Fig. 4.7. Photographie réalisée par un institut de médecine légale sur une personne décédée. Le défunt est Monsieur A.

- ◆ **Référentiel constitué d'une image à laquelle une identité est liée.** C'est le cas de photographies réalisées, par exemple, chez un médecin ou dans un service de police (lors de la saisie des formalités signalétiques⁴⁴). Ces

44 Les formalités signalétiques sont l'ensemble des informations administratives et biologiques saisies par les services de police auprès des auteurs. Il s'agit des informations de l'identité civile, du signalement, de photographies du visage et des signes particuliers, des impressions encrées des empreintes digitales, voire des prélèvements destinés à établir un profil d'ADN.

photographies peuvent illustrer des tatouages (cf. figure 4.6). Lorsque ces clichés sont référencés, c'est-à-dire lorsqu'ils sont documentés avec les informations de l'identité civile de la personne, ils constituent un référentiel permettant de procéder à une comparaison avec le tatouage PM. Dans ce cas, il s'agit d'un processus d'identification. Dans ce contexte, comme dans tous les cas impliquant des référentiels auxquels une identité civile est liée, l'élément déterminant est le niveau de confiance que le spécialiste attribue au lien qu'il s'autorise entre l'identité civile et l'identifiant (la photographie du tatouage en l'occurrence).

Le palais

La rugoscopie, ou l'étude des papilles palatines, apparaît dès le début du siècle passé dans l'évaluation des variations de morphologies entre différentes ethnies [Caldas et al., 2007]. La différence la plus significative s'observe à la hauteur des canines et des premières molaires, zone à partir de laquelle le palais continue à s'élargir chez les Noirs américains, alors qu'il se referme chez les Blancs américains, créant une forme elliptique [Burris et Harris, 1998]. Ces auteurs ont aussi mené des observations pour vérifier si le sexe et les dimensions du palais étaient liés. Ils ont procédé à plusieurs mesures ($N = 332$) dans le sens de la largeur (perpendiculairement à la langue) et dans le sens de la profondeur (parallèlement à la langue). Il s'avère que ces dimensions sont plus grandes pour les hommes que pour les femmes, en particulier les largeurs inter-molaires. Mais ce dimorphisme est également lié à l'origine ethnique, ce qui rend délicate son interprétation. Lorsque l'origine ethnique est connue, les dimensions du palais permettent des prédictions de sexe correctes pour deux individus sur trois en moyenne. Mais en l'absence de connaissance sur l'origine ethnique, le taux de succès de la détermination du sexe diminue de façon nette.

Le palais a fait l'objet de divers systèmes de classement selon la taille, la forme et la description des rugosités. Formées dès le troisième mois de la vie intra-utérine, ces caractéristiques auraient une intra-variabilité très faible et une forte inter-variabilité⁴⁵. Bien que recouvert de tissus mous, le palais bénéficie d'une localisation qui lui apporte une protection quelque peu supérieure à celle des autres tissus mous du corps [Caldas et al., 2007]. Mais cet avantage semble peu déterminant en cas d'exposition à de hautes températures ou en cas de décomposition [Richmond et Pretty, 2007].

45 Selon [Caldas et al., 2007], le ministère aéronautique brésilien enregistre ce type de données, entre autres, en vue d'identifier ses pilotes.

[Jacob et Shalla, 1987] ont évalué l'utilisation des caractéristiques du palais dans un processus d'identification de personnes décédées. Sur 14 sujets sans aucune dent, ils ont réalisé 42 moulages de palais puis ont simulé des données AM et PM. Pour chaque paire de moulages, divers paramètres étaient examinés dont les formes générales des arches, les tailles des maxillaires, les hauteurs des voûtes palatales et les topographies des palais. Les auteurs ont constaté que la forme de l'arche et les dimensions générales d'un palais ne variaient pas entre les saisies AM et PM. De même, les cicatrices et les irrégularités résultant de l'extraction des dents étaient stables. Pourtant, divers opérateurs sont arrivés à des résultats différents (la précision du test a été de 79%, dont 11 identifications correctes sur 14). Ce qui a conduit les auteurs à considérer que les comparaisons AM-PM réalisées avec des données révélant les caractéristiques du palais devaient être évaluées avec prudence.

Cet identifiant peut se trouver dans des référentiels constitués essentiellement par des dossiers dentaires (photographies de l'intérieur de la bouche, moulages, examens en vue de poser des prothèses maxillaires par exemple).

Les oreilles

L'oreille humaine est composée de trois parties distinctes: 1- l'oreille externe (avec le pavillon auriculaire et le canal auditif externe), 2- l'oreille moyenne (la cavité du tympan) et 3- l'oreille interne. Depuis plus d'un siècle, le domaine forensique exploite surtout les caractéristiques de l'oreille externe. Dans certains cas, l'examen des deux autres parties peut apporter des renseignements complémentaires sur les causes de la mort (infections de l'oreille interne suite à une maladie, rupture des membranes du tympan suite à une explosion, à la brusque dépressurisation à bord d'un avion ou à une électrocution par exemple), voire sur une estimation du moment du décès (la température du tympan est 1,5°C supérieure à celle du rectum et peut être une alternative dans l'estimation de l'heure du décès si la mort est survenue dans un intervalle de 16 heures) [Swift et al., 2003]. Selon ces auteurs, des anomalies congénitales et génétiques (syndrome de Goldenhar, syndrome de Treacher Collins, syndromes de l'X fragile et syndrome de Martin Bell par exemple) peuvent affecter les caractéristiques de l'oreille externe. Sur le plan génétique, le processus exact selon lequel les attributs sont transmis n'est pas connu; certaines parties de l'oreille résulteraient de traits dominants, alors que d'autres seraient influencées de façon récessive. En tout état de cause, ces caractéristiques sont nombreuses et peuvent être classées en groupes distincts selon des mesures anthropométriques (certaines de ces caractéristiques permettraient une détermina-

tion du sexe et de l'origine ethnique). Quant au potentiel de sélectivité, certains spécialistes acceptent le postulat selon lequel chaque oreille peut se révéler unique. Mais cette approche ne fait pas l'unanimité, en partie à cause du manque de données morphologiques rassemblées dans ce domaine. De plus, en terme d'intra-variabilité, la forme de l'oreille externe peut être altérée par de multiples facteurs: les maladies, les gelures, les pendentifs, les *piercing*, les étirements du lobe, les blessures, les effets de la chirurgie (réparatrice ou esthétique), ou encore les implants et autres appareils d'aide à l'audition.

Dans le cadre du processus d'identification d'une personne décédée, les principales limitations de cet identifiant sont liées à la rareté de son référentiel. Il est possible que certaines photographies de la personne supposée soient disponibles, en particulier des photographies de profil sur lesquelles une oreille est bien visible. Mais la problématique de l'identité civile est la même qu'avec les tatouages. Si le référentiel est constitué d'une photographie sans identité liée, et si les caractéristiques concordent, le processus est celui d'une reconnaissance. Si le référentiel est constitué d'une photographie à laquelle une identité est liée (photographie signalétique, de profil, réalisée par un service de police par exemple), le processus engagé est celui d'une identification. Dans un cas comme dans l'autre, l'exploitation de cet identifiant pour une personne décédée demeure très rare.

Les lèvres

La chéiloscopie, ou l'étude des dessins labiaux, permet de révéler des informations biométriques utilisables, en certaines circonstances, dans un processus d'identification. Les dimensions des lèvres et en particulier la répartition de fines lignes verticales (rides et sillons) présentent des variations entre individus. Le réseau de ces lignes semble apparaître dès la sixième semaine de vie intra-utérine et révélerait des caractéristiques ethniques [Caldas et al., 2007]. Comme dans l'étude des caractéristiques du palais, diverses méthodes de classification ont été présentées, méthodes qui exploitent toutes les caractéristiques de ces petites rides (formes, longueurs, bifurcations par exemple). [Tsuchihashi, 1974] a poursuivi ces observations en développant un système de classification plus complexe et en examinant la persistance de ces caractéristiques. Après des investigations sur 1'364 sujets japonais âgés entre 3 et 60 ans, il est arrivé à la conclusion que les empreintes de lèvres présentent des caractéristiques très sélectives. Il a constaté que les jumeaux univitellins (49 cas) présentaient des empreintes de lèvres très ressemblantes, mais tout de même différentes (observation non confirmée par [Caldas et al., 2007]). Ayant réalisé ses observations sur une durée 3 ans, avec des contrôles réguliers auprès des

participants, il a relevé une stabilité de toutes les caractéristiques (sauf dans des cas particuliers pour lesquels des lésions passagères dues à un refroidissement ou des inflammations perturbaient la saisie des empreintes). De plus, en comparant les empreintes de parents et de leurs enfants, il a observé certaines similitudes susceptibles de révéler un effet d'hérédité des caractéristiques labiales.

Sur des personnes décédées, une étude a été réalisée pour examiner la façon dont la mort pouvait affecter les caractéristiques labiales [Utsuno et al., 2005]. Les empreintes des lèvres de 20 corps ont été relevées à deux reprises: une première fois moins de 24 heures après la mort, sans traitement, et une seconde fois 48 heures après un conditionnement (formol à 10%). Pour chaque individu, ces deux prises ont ensuite été comparées. Les auteurs n'ont pas noté de changements significatifs des caractéristiques labiales. Par contre, la saisie des empreintes s'est avérée très délicate. Des différences de pressions lors des relevés modifiaient les résultats. C'est pourquoi seuls 30% des comparaisons ont conduit à une identification.

Comme pour les oreilles, lorsque ce processus est appliqué aux personnes décédées, ses principales limitations sont liées à la rareté des référentiels. Pour la plupart des personnes, ces référentiels sont inexistantes. Lorsque des photographies de la personne supposée sont disponibles, il est très rare qu'elles révèlent, au niveau des lèvres, les détails nécessaires pour entreprendre une comparaison.

Les isotopes

Deux atomes sont dits isotopes s'ils ont le même nombre de protons (désigné par le numéro atomique), mais un nombre de neutrons différent. Cette différence de neutrons modifie le nombre de masse de l'atome. Au niveau de l'écriture, le nombre de masse est indiqué à gauche du symbole. Ainsi le carbone ^{13}C est un isotope du carbone ^{12}C .

Dans le corps humain, plusieurs isotopes stables cohabitent (par exemple ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb) et il est possible d'établir des rapports isotopiques, soit les rapports entre l'isotope le plus rare divisé par l'isotope abondant (exemples: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$). Pour chaque individu, ces différents rapports forment une sorte de « signature isotopique ».

Depuis quelques années, les isotopes stables sont utilisés en science forensique car ils permettent d'apporter des informations biologiques et géographiques. Il s'avère que les acides aminés et les acides gras qui constituent les tissus humains sont directement influencés par la nourriture. L'hydrogène (^1H , ^2H) et l'oxygène (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) caractérisent les conditions géographiques et climatiques ainsi que

ce qui a été bu (eau consommée, eau provenant de fruits et légumes, eau utilisée dans la préparation des aliments). L'azote (^{14}N , ^{15}N), le carbone (^{12}C , ^{13}C) et le soufre (^{32}S , ^{34}S) caractérisent ce qui a été mangé (viande, légumes) [Rauch et al., 2007] [Meier-Augenstein et Fraser, 2008]. Ces caractéristiques ont pour conséquence qu'en cas de déplacement prolongé, ainsi qu'en cas de modification importante des habitudes alimentaires (immigration par exemple), la signature isotopique d'un individu va se modifier pour s'adapter aux isotopes locaux. Ce phénomène semble peu affecté par la globalisation de produits distribués à large échelle.

Les techniques de traitement du matériel humain doivent respecter des règles strictes pour éviter des contaminations et des réactions parasites (l'hydrogène, par exemple, peut provoquer des échanges avec des moisissures et perturber ainsi les résultats).

Les différents taux des isotopes analysés peuvent être comparés à ceux provenant de personnes dont l'historique de vie est connu (lieu d'origine, lieu de résidence, habitudes alimentaires). Il est aussi possible de comparer les taux obtenus avec des taux de référence enregistrés pour les isotopes stables auprès de l'*International Atomic Energy Agency* (IAEA) de Vienne.

Dans le cadre du processus d'identification d'une personne décédée, en particulier avec des corps à l'état squelettique, ces analyses peuvent apporter une aide appréciable, sans constituer toutefois un moyen d'identification à elles seules. Elles permettent de vérifier si la personne décédée vivait dans la région ou si elle venait d'ailleurs.

Chapitre 5

LES EMPREINTES DIGITALES ET PALMAIRES

La structure des trois prochains chapitres sera la même. Cette systématique permettra d'aborder, sous les mêmes éclairages et avec les mêmes contraintes, les empreintes digitales et palmaires, les dents et l'ADN. Pour chaque identifiant, en plus d'une introduction et de quelques aspects très spécifiques, les points suivants seront traités:

- ◆ L'intra-variabilité.
- ◆ L'inter-variabilité.
- ◆ Les modifications PM.
- ◆ Les référentiel AM.
- ◆ Les comparaisons AM-PM.

5.1. Introduction

Dessins formés par les crêtes papillaires de la surface de la peau, les empreintes digitales et palmaires (ci-après désignées uniquement par empreintes digitales) constituent un identifiant de très grande qualité à cause de leur pérennité et de leur forte inter-variabilité. Présentes dès la naissance et exploitables encore après la mort si l'état du corps le permet, les empreintes digitales sont utilisées depuis long-

temps en science forensique. Section de la lophoscopie, la dactyloscopie traite des traces ou impressions laissées par les empreintes digitales.

Dès la préhistoire, le dessin formé par les empreintes digitales est utilisé comme signature lors de transactions ou comme scellés. À partir du XVII^e siècle, les sciences s'y intéressent. Des traités commencent à examiner plus en détail leurs formes, leurs caractéristiques et leur potentiel d'individualisation. Deux siècles plus tard, dans le but d'identifier des récidivistes, les empreintes digitales supplantent l'anthropométrie. À la fin du XIX^e siècle, des fichiers d'empreintes digitales apparaissent. Avec ces fichiers, des systèmes de classification sont créés (Vucetich, Galton-Henry par exemple). Dès les années 1970, des banques de données informatisées d'empreintes digitales font leur apparition pour des besoins judiciaires ou administratifs.

Constitution de la peau

Dans le processus d'identification d'une personne décédée par empreintes digitales, le spécialiste doit traiter de données qu'il relève sur la source. À ce titre, les connaissances relatives à la constitution de la peau sont d'une importance particulière.

L'histologie et l'anatomie de la peau humaine sont complexes. Organe le plus grand (jusqu'à 2 m²) et le plus lourd (jusqu'à 10 kg) du corps humain, la peau revêt des caractéristiques diverses. Tantôt fine et rigide (les oreilles), tantôt extensible et élastique, la peau a une grande capacité à se régénérer et à se cicatriser. Zone frontière entre le corps et l'environnement extérieur, cet organe a cinq fonctions principales: 1- absorber les chocs, 2- isoler, 3- stocker (réservoir sanguin et lymphatique), 4- réguler la chaleur et 5- réagir (domaine sensoriel).

La peau est constituée de trois couches qui sont, de l'extérieur vers l'intérieur: l'épiderme, le derme et l'hypoderme [Knut et al., 2007].

Appartenant à l'épithélium, l'épiderme est la partie superficielle la plus mince. Son épaisseur varie entre 0,03 mm dans les zones des paupières ou de l'intérieur des mains à 1,5 mm sur la plante des pieds. Souple, l'épiderme peut être corné et squameux car sa surface est composée en partie de cellules mortes. Sur les parties internes des mains et des pieds, des crêtes papillaires apparaissent de façon systématique.

Le derme, partie la plus épaisse des trois couches, est un tissu conjonctif qui assure la fonction de cohésion de la peau. Cette couche fibreuse fonctionne comme

organe sensoriel grâce à ses nombreux nerfs. Des glandes y sont incorporées, dont les glandes sébacées en lien avec les poils ou les cheveux, glandes qui produisent de la graisse favorisant la souplesse de la peau. Les glandes sudoripares quant à elles interviennent dans tout le corps pour la régulation de la chaleur et dans les mécanismes liés à l'eau (elles favorisent l'évaporation de l'eau pour rafraîchir le sang, donc le corps). L'intérieur du derme est parcouru par de nombreux vaisseaux sanguins capillaires alimentant le derme et l'épiderme (soit au total quelque 10% du volume sanguin chez l'adulte). Cette particularité est importante car c'est elle qui lie le derme à l'épiderme. Le derme génère les formes de creux et de crêtes qui sont transmises à l'épiderme.

La dernière couche, l'hypoderme, forme la base sur laquelle reposent le derme et l'épiderme. Elle est formée de nombreux vaisseaux sanguins, de nerfs et de plusieurs couches de cellules qui fonctionnent comme stimuli de contact.

Les caractéristiques qui retiennent l'attention des dactyloscopes sont les formes des creux et des crêtes papillaires. L'alternance crêtes papillaires – creux permet à la peau d'adhérer, de se dilater quelque peu et de retenir les objets saisis (sinon les objets tomberaient ou leur saisie nécessiterait davantage de pression). Les dessins formés par les crêtes papillaires commencent durant la vie intra-utérine, entre la dixième semaine de gestation et le début du troisième mois. Ces dessins restent ensuite constants durant la vie, malgré le fait que les cellules de l'épiderme soient régulièrement remplacées.

Niveaux

Selon les détails examinés, les spécialistes distinguent trois niveaux. Le niveau I décrit la forme générale du dessin papillaire: les boucles (à gauche ou à droite), les arcs et les verticilles principalement. Il ne permet pas une individualisation. Le niveau II exploite les minuties, c'est-à-dire les particularités qui apparaissent sur les crêtes papillaires: arrêts de ligne, bifurcations, îlots par exemple. Le terme de configuration de minuties sera souvent utilisé pour indiquer la répartition spatiale des minuties examinées. Le niveau III exploite les détails des pores et des bords de crêtes. Comme pour les minuties, les informations relatives aux pores résultent de leurs formes, de leurs positions et de leurs arrangements. Les niveaux II et III permettent une individualisation.

Quant aux expressions, la convention suivante est proposée:

- ◆ **Matrice:** dessin formé par les crêtes papillaires à la surface de la peau (dessin lisible sur la source).

- ◆ **Impressions digitales encrées:** empreintes de contrôle, de comparaison réalisées par appositions conscientes sur un support propre.
- ◆ **Traces digitales:** résultats d'appositions inconscientes sur un support quelconque.
- ◆ **Gabarit:** représentation simplifiée d'une impression digitale encrée ou d'une trace digitale dans le but d'une exploitation par un système automatisé. Le système le plus courant distingue, pour chaque minutie, une position spatiale (définie dans un espace x et y) ainsi qu'un angle (θ) indiquant la direction de la crête à l'extrémité de laquelle la minutie a été observée. À noter qu'en cas de correspondances indiquées par un système automatique, un contrôle par un opérateur est nécessaire. Ce contrôle permet, entre autres, de s'assurer que des zones non traitées par le système ne révèlent pas de différences exclusives.



Fig. 5.1 - À gauche: matrice. Au milieu: impression digitale encrée. À droite: exemple de gabarit (les cercles indiquent les positions, les segments les directions).

5.2. Intra-variabilité des empreintes digitales

Les empreintes digitales ont une intra-variabilité extrêmement faible. D'une façon générale, elles sont considérées comme persistantes, sans variations majeures au fil du temps. De légères formes d'intra-variabilité peuvent tout de même apparaître sur la matrice ou sur des appositions.

L'intra-variabilité affectant la matrice est produite par des perturbations de la structure de la peau après un accident (coupures, infections, gelures par exemple) ou une maladie cutanée. Certaines de ces perturbations sont passagères, d'autres peuvent laisser des traces à long terme (cicatrices, brûlures). Une intra-variabilité peut aussi apparaître sur des impressions digitales encrées ainsi que sur des traces

digitales lors d'appositions successives. Si un individu appose plusieurs fois de suite le même doigt, les résultats ne seront pas identiques à 100% (influences de l'élasticité de la peau, des variations de pressions, des distorsions, de la nature et de la propreté des supports, de la propreté des doigts par exemple) [Pankanti et al., 2002] [Dror et al., 2005] [Egli et al., 2007]. Sur une impression digitale encrée, sur une trace digitale, et en conséquence sur un gabarit, ces sources d'intra-variabilité peuvent apporter des modifications aux niveaux II et III (absence accidentelle, léger déplacement, déformation de minuties ou de pores). Ce sont aussi les variations de pressions qui peuvent produire des crêtes plus ou moins larges, ce qui compromet l'utilisation du paramètre de largeur des crêtes dans les modélisations.

Pour évaluer la manière dont l'intra-variabilité intervenait au niveau II (minuties) [Egli et al., 2007] ont examiné, en partie à l'aide du système AFIS, la façon dont quinze appositions du même doigt variaient. Ils ont constaté que les mesures de variabilité (dont l'intra-variabilité) dépendaient du modèle technique adopté (soit de la façon dont le gabarit et la configuration étaient modélisés), du nombre de minuties retenues (plus il y a de minuties, plus il y a de variance) et de la configuration de ces minuties. Pour une estimation de l'intra-variabilité à des fins statistiques, les auteurs ont constaté que 8 appositions du même doigt suffisaient.

Dans les comparaisons de gabarits (par un système automatisé), ou dans les comparaisons de traces digitales avec des impressions encrées (par un opérateur), ces différentes sources d'intra-variabilité imposent une certaine tolérance dans le positionnement des minuties. Cette tolérance dépend aussi des modifications que la trace digitale a pu subir (distorsion, glissement, mauvaise qualité par exemple). En tout état de cause, plus cette tolérance croît, plus les risques de fausses associations augmentent. À l'inverse, la non-prise en compte de l'intra-variabilité des empreintes digitales a pour effet de surestimer quelque peu leur individualité.

5.3. Inter-variabilité des empreintes digitales

Les empreintes digitales ont une inter-variabilité très grande, ce qui leur confère une utilisation privilégiée en science forensique. Cette inter-variabilité est telle qu'elle permet de distinguer des individus partageant un même patrimoine génétique (distinction entre vrais jumeaux).

Les chances que deux empreintes digitales présentent les mêmes caractéristiques, sans divergences non expliquées, ont été maintes fois estimées au fil des

ans. La mesure de l'inter-variabilité est complexe. Aucun modèle ne fait l'unanimité et les paramètres retenus ne sont pas toujours les mêmes. Selon les réponses apportées aux questions suivantes, les estimations changent:

- ◆ Faut-il réaliser des recherches sur le niveau II uniquement ?
- ◆ Comment tenir compte de l'intra-variabilité ?
- ◆ Faut-il considérer le nombre de minuties ?
- ◆ Y a-t-il des dépendances entre minuties, et si oui, comment les intégrer ?
- ◆ Comment évaluer les fréquences selon le type de minutie ?
- ◆ Faut-il considérer le nombre de lignes (entre le delta et le centre par exemple) ?
- ◆ Si elles sont retenues, y a-t-il une dépendance entre les valeurs de direction (θ) et les valeurs de positionnement des minuties (x et y) ?
- ◆ Faut-il considérer les cicatrices permanentes, les brûlures et autres particularités permanentes ?
- ◆ Comment définir le seuil d'acceptation d'une correspondance entre minuties (*match*) ?

Francis Galton a été un des premiers à estimer par les mathématiques le pouvoir discriminant d'un ensemble de minuties observées sur une empreinte digitale [Galton, 1892]. Il a considéré qu'une empreinte digitale pouvait être définie en 24 régions indépendantes, chacune délimitée par 6 crêtes. La probabilité de reconstruire une région selon les crêtes avoisinantes était estimée à $\frac{1}{2}$ et la probabilité d'occurrence du nombre correct de crêtes entrantes ou sortantes des 24 régions était estimée à $\frac{1}{256}$. Au niveau I, il avait retenu 16 formes générales. Sa formule était la suivante:

$$P(\text{Fingerprint Configuration}) = \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{256} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{24} = 1,45 \cdot 10^{-11}. \quad (5.1)$$

La probabilité de $\frac{1}{2}$ a été considérée comme trop élevée (sous-estimation de l'individualité des empreintes digitales). Quant aux probabilités de formes générales, l'expérience montre que celles-ci ne sont pas équiprobables (les boucles sont de loin les plus courantes). En 1964, Kingston obtenait une valeur proche en utilisant un modèle de distribution de Poisson. Avec 6 minuties, il est arrivé à l'estimation de 10^{-12} [Kwan, 1977]. Une formule plus simple est apparue pour N minuties, formule s'articulant sur la probabilité (p) d'une occurrence d'une minutie :

$$P(\text{Fingerprint Configuration}) = p^N. \quad (5.2)$$

Si le nombre de minuties est facile à établir, la détermination de la valeur p est plus complexe: Balthazard choisissait $\frac{1}{4}$; Wentworth et Wilder ont choisi $\frac{1}{50}$; Gupta distinguait p selon le type de minutie; Trauring, en utilisant AFIS, en retenant deux types de minuties considérés comme équiprobables (arrêt de ligne et bifurcation), en considérant que les minuties sont distribuées par hasard et que le type de minutie, leur orientation et leur position sont des variables indépendantes, a estimé cette valeur à 0,1944. D'autres formules ont été proposées, en règle générale beaucoup plus complexes que celle indiquée sous (5.2), avec l'intégration de divers paramètres, dont la qualité des empreintes examinées, la division en régions très petites, la localisation des minuties ou le paramètre d'intra-variabilité par exemple. Dans sa thèse, [Champod, 1995] définit la probabilité d'une configuration ($P(C)$) comme la combinaison des probabilités de plusieurs événements, soit 1- la probabilité d'observer un certain nombre de minuties dans la surface analysée ($P(N)$), 2- la probabilité que les minuties dans cette surface prennent les types en question ($P(T)$), 3- la probabilité des différentes orientations relatives des minuties ($P(S)$), 4- la probabilité que les minuties combinées prennent les longueurs observées ($P(D)$) et 5- la probabilité que ces minuties prennent l'arrangement observé ($P(A)$). Son modèle stipule que $P(C)$ vaut le produit des cinq probabilités indiquées (indépendance valide sous certaines contraintes). Après traitement de quelque 1'000 impressions digitales encrées, les valeurs indicatives sont de l'ordre de 1 sur 40'000 (pour une configuration de sept minuties toutes situées sur des lignes différentes) à 1 sur $1,42 \times 10^9$ (pour une configuration de six minuties dont plusieurs sont situées sur la même ligne). De leur côté, [Pankanti et al., 2002] ont proposé un modèle pour évaluer la probabilité de correspondance fortuite entre deux empreintes. Considérant le niveau II uniquement (fins de ligne et bifurcations), ils ont tenu compte de l'intra-variabilité en accordant une certaine tolérance sur les valeurs x , y et θ . Ils ont saisi quatre fois de suite quatre doigts de 167 sujets (soit 2'672 impressions digitales encrées). Leur modèle fait la distinction entre le nombre de minuties disponibles et le nombre de minuties qui correspondent. Par exemple, pour 12 minuties disponibles, lesquelles correspondent, la probabilité d'une correspondance fortuite est évaluée à $1,22 \times 10^{-20}$. Pour 36 minuties disponibles, mais 12 minuties retenues, lesquelles correspondent, la probabilité devient $6,10 \times 10^{-8}$. Ils ont constaté que le mauvais positionnement d'une minutie avait davantage d'impact que son omission.

Sur un plan empirique, des estimations ont été réalisées avec des banques de données. En règle générale, ces recherches ont estimé les probabilités de retrouver une empreinte digitale dans la banque de données retenue. Sans tenir compte de l'intra-variabilité, et sans publier leurs travaux, Meagher, Budowle et Ziesig ont travaillé avec 50'000 empreintes digitales (boucles à gauche). En utilisant AFIS, ils

ont observé que le score d'une empreinte contre elle-même était toujours supérieur à celui des 49'999 autres. Leur approche, non exempte de critiques, les a amenés à évaluer la probabilité d'une fausse association à 10^{-97} [Pankanti et al., 2002] [Cole, 2004] [Cole, 2006]. Une autre approche pourrait consister à comparer chaque empreinte digitale d'une banque de données retenue avec chacune des autres. Cependant, en plus d'être très long, ce type d'approche renseignerait surtout sur la capacité d'un système à distinguer des gabarits (avec la banque de données du FBI contenant plus de 200 millions d'empreintes, cela représenterait 127 ans avec un programme capable de réaliser un million de comparaisons par seconde).

La plupart des études sur l'inter-variabilité sont en fait des modèles qui tendent à démontrer la diversité ou l'unicité des empreintes digitales plutôt que des fréquences d'apparition. Pourtant, dans le travail du spécialiste qui compare une trace digitale avec une empreinte provenant d'un suspect, il lui importe de savoir si différents doigts peuvent avoir laissé des impressions suffisamment proches pour qu'elles soient attribuées de façon incorrecte. À ce sujet, suite à une recherche dans AFIS, lorsque le système livre une liste de personnes qu'un opérateur doit contrôler, il est fréquent que la personne retenue comme étant la véritable source ne soit pas en position n°1. Si la source retenue est en position n°5, cela indique que l'opérateur a détecté des différences exclusives sur les quatre premiers candidats. Mais cela signifie aussi que les minuties placées pour la recherche représentaient une configuration meilleure pour ces premiers candidats que pour celui retenu. C'est la preuve qu'une configuration de quelques minuties peut se retrouver sur plusieurs personnes.

Ainsi, les estimations diffèrent. Mais dans l'ensemble, bien que l'individualité des empreintes digitales reste un postulat, il ressort que pour une personne donnée, la probabilité de trouver une autre personne avec la même empreinte digitale est extrêmement faible, même à l'échelle de la population de la Terre. En considérant l'ensemble des dix doigts, cette probabilité devient infinitésimale. Du reste, à ce jour, il n'y a jamais eu d'annonce que deux personnes avaient les mêmes empreintes digitales [Dror et al., 2005]⁴⁶. Par contre, en tenant compte du fait que les traces digitales ne représentent qu'une partie de la matrice, et qu'elles peuvent être déformées, ambiguës, fragmentaires, la probabilité de correspondance fortuite n'est pas nulle, ce qui implique que de fausses identifications ne sont pas exclues et ont eu lieu.

46 Dans l'hypothèse où un tel cas aurait existé, comment aurait-il pu être détecté ? [Cole, 2009] fait remarquer qu'un spécialiste ne peut pas attester que toutes les empreintes qu'il a examinées sont différentes, tout comme il ne peut pas attester qu'elles sont toutes différentes de celles traitées par ses confrères à travers le monde.

5.4. Modifications PM

La source (soit la personne décédée) étant à disposition, la problématique abordée sera celle liée à l'obtention des meilleures empreintes digitales possibles compte tenu des effets de la mort (rigidité, décomposition, momification) ou des effets destructeurs de certains environnements (dont l'eau et le feu).

Pour obtenir des impressions PM de bonne qualité, le spécialiste doit nettoyer les mains de la personne décédée, les inspecter, puis identifier la nature des éventuels dommages causés aux crêtes papillaires avant de choisir une technique appropriée pour les relever. Plusieurs circonstances ou éléments peuvent causer la détérioration des empreintes digitales d'une personne décédée. Les principales sont les suivantes [Miller, 1995] [Uhle et Leas, 2007]:

- ◆ les effets de la décomposition,
- ◆ les effets de l'eau,
- ◆ les effets des conditions météorologiques (le froid, l'humidité, la sécheresse),
- ◆ les effets du feu,
- ◆ les effets d'accidents (écrasements, coupures, abrasions, attaques de produits chimiques, de solvants),
- ◆ l'action de la faune (insectes et animaux, dont les espèces nécrophages),
- ◆ l'action de la flore (moisissures, champignons, matières végétales).

Lorsque la nature des détériorations a été identifiée, le spécialiste peut procéder aux impressions PM.

Remarques générales pour le spécialiste

Pour éviter la transmission de maladies (hépatite, HIV), le relevé d'empreintes digitales sur une personne décédée impose au spécialiste une protection appropriée, en particulier pour ses mains et ses yeux (blouse, gants, lunettes de protection). Le matériel utilisé doit être propre et les ustensiles désinfectés. Après ses opérations, le spécialiste veillera à bien se laver les mains et à se désinfecter.

Quelle que soit la méthode de traitement choisie, le travail doit être documenté à chaque étape (nom des opérateurs, lieu et date des examens). Des inscriptions lisibles doivent toujours figurer sur les fiches dactyloscopiques pour assurer la désignation sans confusion possible de la personne décédée (numéro du corps s'il y a plusieurs corps). Il est recommandé de traiter les mains l'une après l'autre pour éviter des erreurs dans l'ordre d'apposition des doigts. Dans les cas très difficiles, il

peut être nécessaire de faire appel à un médecin légiste pour procéder à la dépose des mains [Miller, 1995] [Knut et al., 2007].

Solutions de conditionnement des mains

Deux techniques peuvent être appliquées dans tous les cas de modifications PM (décomposition, macération, brûlure, momification): l'immersion dans des solutions d'hydroxyde de potassium (KOH) ou de Polyzim 606 [Knut et al., 2007].

La solution de KOH à 3% est destinée à nettoyer la peau. Elle ôte la graisse et les impuretés. Les mains y sont trempées au moins un demi-jour sous contrôle régulier des effets. Après ce traitement, les mains doivent être bien séchées (en les plongeant dans de l'acétone par exemple). La solution de Polyzim 606 est la suivante: 40 grammes de Polyzim 606, 40 grammes d'Ammollan (Uniperol AC) et 80 grammes d'Atesan (Atesan LPW)⁴⁷ sont dissous dans 1 litre d'eau, puis chauffés à 40-45°C. Comme la précédente, cette solution vise à nettoyer les tissus. Les mains y sont immergées pendant plusieurs heures (jusqu'à 20 heures dans certains cas). Un contrôle régulier doit avoir lieu pour vérifier les effets.

D'une façon générale, ces solutions produisent un film lubrifiant très fin à la surface de la peau, film qui perturbe quelque peu l'encrage des doigts et, en conséquence, les impressions encrées (les appositions apparaissent pâles). Seul un bon séchage peut limiter ce phénomène.

Relevés d'empreintes digitales: techniques principales

Il existe quatre techniques principales pour relever des empreintes digitales PM: 1- l'encrage, 2- le poudrage, 3- le moulage et 4- la photographie, voire le traitement par scanner (avec un repère et une résolution suffisante).

Avant de procéder aux relevés, la main doit être propre et sèche. Pour garantir la meilleure adhésion possible, divers ustensiles peuvent être utilisés (cylindre pour les empreintes palmaires par exemple).

Les encres, les poudres et les produits de moulage à utiliser sont ceux habituels en science forensique. Concernant les moulages, il faut tenir compte que les empreintes digitales seront en trois dimensions. Ce type de relevé nécessite un traitement numérique avant comparaison. Ces techniques peuvent aussi être appliquées

47 Cf. [Knut et al., 2007] pour un fournisseur.

en combinaison (encrage des doigts avant photographie pour mieux faire ressortir les crêtes par exemple).

Lorsque les conditions sont proches de celles valables pour une personne vivante (doigts souples), il est possible d'encre les doigts puis de les apposer sur une fiche dactyloscopique. En conditions plus difficiles (rigidité cadavérique, début de décomposition), il est recommandé de travailler avec de la poudre noire sur de petites surfaces de peau, puis d'appliquer du papier adhésif transparent sur les surfaces poudrées. L'adhésif sera ensuite placé sur une fiche dactyloscopique habituelle [Uhle et Leas, 2007]. Que les empreintes aient été encrées ou poudrées, il est important d'indiquer de façon claire si le résultat nécessite ou non un traitement avant comparaison (inversion avec les appositions poudrées par exemple).

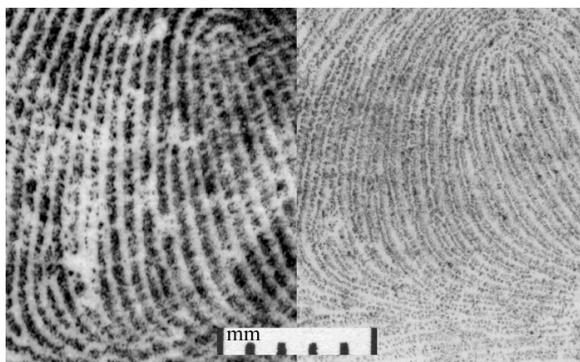


Fig. 5.2 - À gauche: impression digitale encrée d'une zone de l'épiderme. À droite: même zone, mais relevée sur le derme: les lignes sont doubles.
Source: http://www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/july2007/images/uhle/Figure_10sm.jpg (dernière consultation le 05.07.2009).

En règle générale, c'est le dessin lisible sur l'épiderme qui sert aux spécialistes dans l'exploitation de traces digitales. Avec les personnes décédées, ce peut être le dessin lisible sur l'épiderme, mais aussi sur le derme au cas où la première couche de peau est absente. Dans ce cas, il convient de noter que les appositions d'empreintes du derme, par rapport à celles de l'épiderme, apparaissent avec des variations de taille (appositions issues du derme plus petites). D'autre part, les appositions issues du derme sont constituées d'une ligne double (cf. figure 5.2) [Uhle et Leas, 2007]. Ces caractéristiques doivent être prises en compte lors des comparaisons.

5.4.1. Les empreintes digitales décomposées

Lorsque les empreintes digitales sont à relever sur une personne décédée, la cause de détérioration la plus spécifique est la décomposition. Ce phénomène implique deux processus qui montrent un maximum d'activité à des températures comprises entre 34 et 40°C dans des milieux humides. Même s'ils sont distincts, ces deux processus ne peuvent pas être clairement séparés lors de la décomposition d'un corps. Il s'agit de l'autolyse et de la putréfaction [Bär et al., 1988] [Miller, 1995]:

- ◆ L'**autolyse** est la dégradation progressive d'un organisme causée par l'activité d'enzymes intercellulaires. En ce sens, c'est une autodigestion non bactérienne. Cette activité cause la mort des cellules. Lorsque ce processus s'opère en conditions stériles, le terme autolyse aseptique est utilisé. L'air accélère ce processus, le froid le ralentit et la congélation le stoppe. Des organismes internes riches en enzymes (comme le pancréas par exemple) se dégradent plus vite que ceux qui en contiennent moins (comme le cœur par exemple).
- ◆ La **putréfaction** (souvent confondue avec la décomposition) est la dégradation progressive d'un organisme causée par la fermentation et l'activité de bactéries. Contrairement à l'autolyse, c'est une dégradation anaéro-bique⁴⁸ bactérienne des protéines souvent accompagnée d'une production de gaz. Après la mort, la flore bactériologique du tube digestif envahit le système vasculaire et amorce le processus de putréfaction. Dans le plasma sanguin, les globules rouges se dégradent, libérant de l'hémoglobine: c'est l'hémolyse. Après 24 à 36 heures, au contact de sulfure d'hydrogène, l'hémoglobine donne aux vaisseaux sanguins une coloration caractéristique verdâtre ou noirâtre.

La décomposition se manifeste en premier lieu à l'intérieur de l'organisme, dans la cavité abdominale, avant d'affecter la peau. Lorsque l'épiderme est atteint, de petites cloques causées par les processus de liquéfaction apparaissent. Puis la peau se rétracte tout en perdant de son élasticité.

Lorsque le spécialiste constate que les détails des crêtes sont peu ou mal visibles, il est judicieux qu'il détermine s'il se trouve en face de l'épiderme ou du derme. En cas de macération ou de momification, la distinction n'est pas toujours évidente [Uhle et Leas, 2007]. Au-delà d'un certain seuil de décomposition, les em-

48 Réaction qui demande peu ou pas d'oxygène.

preintes digitales ne sont plus exploitables (attaques d'asticots par exemple), voire totalement absentes.

5.4.2. Les empreintes digitales exposées à un milieu humide

Dans un milieu humide, le processus de décomposition est accéléré. Les cellules gonflent puis se déchirent. L'épiderme peut se détacher du derme et former des cloques après quelques heures. Si l'humidité n'a pas causé trop de dégâts, les mains peuvent être lavées avec du savon, puis rincer avec de l'acétone. Sinon, il convient d'immerger les mains dans la solution KOH à 3% ou dans celle de Polyzim 606.

Parfois, des zones importantes de l'épiderme (dont les empreintes digitales) peuvent glisser sur le derme comme un gant. Dans ce cas, le « gant » formé de l'extrémité d'un doigt peut être découpé, récupéré, placé dans une solution à 10% de formaldéhyde durant quelques heures avant d'être rincé de façon délicate avec de l'eau, puis avec de l'isopropanol, pour enlever les moisissures. La surface de peau ainsi traitée peut être placée sur le doigt protégé d'un opérateur, encrée puis roulée de façon habituelle [Miller, 1995]. Cette technique a été appliquée pour relever les empreintes digitales de certaines victimes du tsunami en décembre 2004 (cf. figure 5.3). Une légère incision était pratiquée à la base de la phalangette pour séparer le derme de l'extrémité du doigt. Il s'agit d'une technique destructrice. En conséquence, il est nécessaire d'obtenir les autorisations qui s'imposent (auprès du magistrat en charge de l'affaire par exemple) et de s'assurer que le derme ne soit pas arraché pour permettre des vérifications ou des contrôles ultérieurs.

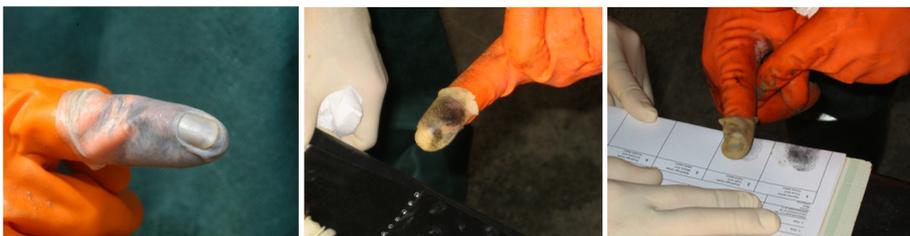


Fig. 5.3 - Séquence partielle du relevé d'empreintes digitales de certaines victimes du tsunami.

Il peut arriver que les empreintes digitales soient totalement détruites suite à une immersion. À ce sujet, les vitesses de dégradation dépendent de la qualité de l'eau dans laquelle le corps a séjourné. Dans l'eau de mer, la décomposition est plus rapide que dans l'eau d'un lac par exemple. [Dumser et Türkay, 2008] rapportent le

cas de deux corps immergés à 50 mètres de profondeur dans l'eau d'un lac durant 50 ans. Alors qu'un corps était totalement à l'état squelettique, l'autre ne l'était que de façon partielle. Les auteurs mentionnent aussi deux cas d'accidents pour lesquels des corps sont restés sous l'eau de mer, à une profondeur de plus de 500 mètres, durant plusieurs semaines. Le premier cas concerne un accident d'aviation survenu à l'ouest de la Namibie; le second un accident survenu au sud de la Sicile. Les victimes du cas de Namibie ont été retrouvées 89 jours après l'accident. Toutes étaient désarticulées et à l'état de squelettes. Les victimes de Sicile ont été retrouvées un mois après l'accident. Elles étaient en partie à l'état de squelettes. Certains tissus mous étaient encore présents. Les auteurs relèvent que le taux et le mode de décomposition varient selon plusieurs paramètres: la profondeur d'immersion (à certaines profondeurs, le processus de photosynthèse ne s'opère pas car il n'y a plus de lumière), la latitude, la nature et la température de l'eau, la composition de la faune locale et l'accessibilité aux tissus humains (protégés ou non par des vêtements par exemple). La dégradation des tissus humains dans la mer dépend ainsi de paramètres ambiants, comme la flore bactérienne, mais aussi de la faune et de la communauté nécrophage. Des éléments favorisant la décomposition peuvent être abondants dans une mer ou à une profondeur donnée, et rares dans une autre configuration (exemple: dans la Méditerranée, les vitesses de dégradation sont plus lentes que dans l'Atlantique car la nourriture y est plus abondante).

5.4.3. Les empreintes digitales sèches et momifiées

La momification apparaît par évaporation progressive de toute l'eau des tissus organiques. Au fil de l'évaporation, les tissus rétrécissent, se contractent. La peau prend une apparence de cuir de couleur brune à gris-noir. Elle s'assèche, se durcit, devient rugueuse. La momification peut commencer après trois ou quatre jours et se terminer après plusieurs semaines. Sa vitesse de progression dépend principalement des paramètres de l'environnement, dont la température ambiante et l'humidité relative.

Les doigts dont la peau est très sèche peuvent être traités par immersion dans de l'eau (entre 50 et 90°C, éventuellement additionnée de savon de Marseille, maximum trois séquences d'immersion de cinq secondes chacune). Ce traitement a pour effet de reconditionner les crêtes papillaires, de les réhydrater, ce qui peut améliorer leur exploitation. De plus, l'eau chaude contribue à éliminer les fluides associés à la décomposition [Uhle et Leas, 2007]. Après avoir appliqué cette technique dans plusieurs cas de catastrophes, dont ceux du tsunami (décembre 2004) et de l'oura-

gan Katrina (août 2005), les auteurs relèvent que les résultats obtenus au niveau du derme sont encore meilleurs que ceux obtenus au niveau de l'épiderme. Il convient de vérifier que les zones d'intérêt ne contiennent pas de coupures ou d'abrasions car la technique aura pour effet d'en augmenter les dimensions, voire de provoquer des déchirures. Si de telles lésions sont détectées, les auteurs proposent de travailler avec une éponge imbibée d'eau chaude, par pressions répétées, pour mieux en contrôler les effets. Avant de procéder à des impressions encrées, il est nécessaire de sécher les surfaces (séchoir à cheveux, alcool isopropylique ou tissus absorbants).

Lorsque la technique d'immersion dans l'eau chaude ne donne pas de résultats satisfaisants, il est encore possible de faire gonfler les doigts par injection sous-cutanée d'eau chaude ou de paraffine. À cet effet, [Miller, 1995] recommande de faire un petit garrot à la base de la phalange avec une ficelle, d'introduire l'aiguille depuis la phalange (phalange adjacente) et d'atteindre le centre du doigt, en profondeur, avant de procéder à l'injection de façon délicate. Lorsque les crêtes sont bien exposées, l'aiguille peut être retirée.

Les autres techniques recommandées sont l'immersion dans la solution KOH à 3% (éventuellement précédée d'une immersion durant une journée dans de l'alcool à des fins de conservation) ou dans celle de Polyzim 606. En fonction du degré de momification, ces immersions peuvent durer plusieurs jours. Des contrôles réguliers sont indispensables pour évaluer les résultats atteints. D'une manière générale, il est aussi recommandé de masser légèrement la peau traitée.

À un degré très avancé de momification, la peau peut se détacher, par plaque ou comme un gant. En cas de séparation de la sorte, il convient d'être très attentif et de classer aussitôt les différentes parties qui se sont détachées en les documentant.

5.4.4. Les empreintes digitales brûlées

La chaleur a pour effet de faire évaporer l'eau présente dans les cellules du corps et de coaguler les protéines tissulaires. Il s'ensuit une contraction musculaire: les mains se ferment, ce qui protège quelque peu les empreintes digitales (le même phénomène protecteur a lieu pour les dents lorsque les lèvres se contractent). Après un certain temps d'exposition à la chaleur, la peau éclate puis commence à se carboniser.

Pour redonner de l'élasticité à la peau, le traitement recommandé consiste à tremper les mains dans une solution d'alcool et de glycérine. L'alcool fixe l'état de la peau et freine l'effondrement des tissus.

Les autres traitements sont ceux d'une immersion dans la solution KOH à 3% ou dans celle de Polyzim 606. La concentration de la solution KOH peut être modifiée selon les cas. Le but est d'atteindre un équilibre entre douceur pour préserver la peau et agressivité pour enlever les aléas de la carbonisation. Des essais sont recommandés sur de petites surfaces de peau.

5.5. Référentiels de données dactyloscopiques

Les référentiels de données dactyloscopiques sont importants car c'est d'eux que dépend la réponse à la question n° 2 : *dans quelle mesure l'identifiant examiné permet-il de déterminer l'identité civile de la personne décédée ?*

Les référentiels peuvent être distingués selon qu'ils autorisent des vérifications 1:1 ou des recherches 1:N. Les impressions digitales encrées conservées mais non enregistrées dans une banque de données seront qualifiées d'empreintes digitales archivées. Les principaux référentiels peuvent se présenter comme suit:

Référentiels autorisant des vérifications 1:1.

1. les référentiels sans identités liées (traces digitales),
2. les référentiels contenant des empreintes digitales archivées.

Référentiels autorisant des recherches 1:N.

3. les référentiels constitués de banques de données rassemblant des empreintes digitales auxquelles des identités civiles précises sont liées.

Quel que soit le référentiel, la qualité des traces ou des empreintes digitales se reportera sur le pouvoir discriminant des comparaisons réalisées.

1. Référentiels sans identités liées (traces digitales)

Il s'agit de traces digitales détectées puis relevées sur des objets. Aucune identité n'est liée à ce type de référentiel, ce qui en fait un référentiel « aveugle » en terme d'identité civile.

Le scénario consistant à comparer l'empreinte d'une personne décédée à une trace digitale correspond aux scénarios habituels d'affaires pénales dans lesquelles

une trace digitale est comparée au doigt d'un suspect. C'est aussi le cadre habituel de la majorité des études consacrées aux estimations statistiques d'occurrences fortuites entre deux empreintes digitales.

En terme de pertinence du lien trace digitale – identité civile, il est possible de distinguer différents scénarios tenant compte des risques de contaminations, du lieu de découverte et du nombre d'occupants des lieux. Ainsi, dans le cadre d'une comparaison avec des empreintes digitales PM, une trace digitale relevée sur un objet personnel (verre à dents par exemple) découvert dans un appartement où une seule personne⁴⁹ est portée disparue, présente un degré de certitude plus élevé, en terme d'identité civile, qu'une trace digitale relevée sur un objet quelconque découvert dans un lieu public.

Concernant les enfants en bas âge, les référentiels d'empreintes digitales sont rares. Dans certains cas, il est possible de découvrir des travaux manuels sur lesquels figurent des appositions colorées des mains, voire des moulages.

2. Référentiels d'empreintes digitales archivées

Les administrations de certains pays conservent des empreintes digitales de personnes pour lesquelles des documents d'identité ou des actes administratifs ont été réalisés. Dans la grande majorité des cas, ces empreintes digitales ne sont pas saisies dans des banques de données informatisées, mais conservées sur de simples supports. L'intention est d'attester, en cas de besoin, que la personne qui se présente correspond bien à celle dont l'empreinte digitale a été apposée sur le support. Avec ce type de référentiels, des recherches ne peuvent pas être entreprises sous la forme 1:N. Seules des vérifications 1:1 sont possibles après avoir retrouvé la ou les empreintes de la personne dont l'identité est supposée. Exemples:

- ◆ la France, l'Espagne, l'Italie, le Nigeria, la Malaisie et le Kosovo archivent une ou plusieurs empreinte(s) digitale(s) lors des établissements de cartes d'identité de leurs ressortissants;

49 L'expérience montre que certaines erreurs surviennent lorsque la personne décédée vivait seule dans un appartement. En soi, c'est une condition favorable pour limiter le nombre de contaminations des traces par d'autres personnes. Mais l'absence d'autres occupants est une absence de témoins. Et lorsque le seul occupant des lieux ne correspond pas à la personne supposée, l'erreur peut ne pas être détectée (les exemples 9 – dame tombée du toit – et 10 – occupant de l'atelier de peinture – en sont des exemples représentatifs). C'est pourquoi la situation idéale est celle d'un espace occupé par plusieurs personnes dont une seule est portée disparue.

- ◆ le Portugal et le Brésil font de même, en faisant figurer une empreinte digitale (index droit pour le Portugal, pouce droit pour le Brésil) sur la carte d'identité [Cabal, 2003];
- ◆ la Suisse prévoit de saisir et de conserver les empreintes digitales nécessaires à l'attribution du passeport biométrique.

Pour que la ou les empreintes digitales soient retrouvées, une identité civile précise doit leur être liée. En cas de correspondance avec une empreinte digitale PM, c'est cette identité civile qui est reportée.

3. Banques de données

Sur le plan judiciaire, de nombreux pays ont constitué des banques de données informatisées avec les empreintes digitales des personnes ayant commis des infractions, des délits ou des crimes. Exemples:

- ◆ Suisse: AFIS⁵⁰. Quelque 5,8 millions d'empreintes digitales au 01.07.2009;
- ◆ France: FAED (Fichier Automatisé des Empreintes Digitales);
- ◆ Royaume-Uni: NAFIS (*National Automated Fingerprint Identification System*).

Sur le plan administratif, il arrive que les empreintes digitales soient saisies dans des banques de données afin de gérer:

- ◆ des prestations sociales (Californie, Connecticut, Illinois, Massachussets, New York, Texas, Mexique, Philippines par exemple),
- ◆ les délivrances de permis de conduire (Hawaï, Texas, Colorado, Californie par exemple),
- ◆ les titres délivrés aux étrangers, soit le système AUPER (Système d'enregistrement AUTomatisé des PERsonnes) en Suisse et le système IAFS (*Immigration Asylum Fingerprint System*) en Grande-Bretagne par exemple.

Certaines banques de données rassemblent des informations provenant de plusieurs pays. Ainsi, depuis le 1^{er} juillet 1999, un office européen de police est opérationnel: EUROPOL. Dans le domaine de la gestion des demandeurs d'asile et des étrangers en situation irrégulière, depuis le 15 janvier 2003, cet office gère une banque de données EURODAC centralisant des empreintes digitales. Ce dispositif, qui s'inscrit dans le cadre de la Convention de Dublin et du Règlement Dublin II, vise à éviter qu'une même personne présente des demandes d'asile dans plusieurs

50 Le système AFIS permet l'enregistrement des impressions encrées des dix doigts, des paumes et des parties latérales des mains (tranchants des paumes).

États membres, l'unité « Asile et Immigration » de la Commission ayant estimé à 10 ou 20% la proportion des demandes multiples d'asile sur 400'000 demandes déposées chaque année [Cabal, 2003]. Chaque État membre doit procéder à l'enregistrement et à la transmission des empreintes digitales (des dix doigts) de toute personne âgée de plus de quatorze ans qui dépose une demande d'asile ou qui est appréhendée en situation irrégulière au moment où elle franchit les frontières. La durée de conservation est d'une année pour les demandeurs d'asile et de deux ans pour les clandestins arrêtés à la frontière.

Toujours en Europe, il est probable qu'une autre banque de données (VIS pour *Visa Information System*) devienne la plus grande banque de données d'empreintes digitales en Europe.

Lorsque le référentiel AM met à disposition du spécialiste plusieurs doigts (voire dix doigts et les empreintes palmaires comme cela est le cas si la personne est connue dans un système AFIS), le contexte est très différent de celui défini par le référentiel de traces digitales. À condition de pouvoir disposer de tous ces éléments au niveau PM, le potentiel d'individualisation s'en trouve augmenté de façon considérable (les risques d'occurrences fortuites pour dix doigts sont quasi nuls).

5.6. Comparaisons AM-PM

Les empreintes digitales constituent un identifiant qui ne peut être que direct. Quant aux comparaisons AM-PM de données dactyloscopiques, elles permettent au spécialiste de répondre à la question n°1: *L'identifiant examiné, parmi plusieurs possibles, révèle-t-il des caractéristiques suffisamment singulières pour établir un lien fiable avec la personne décédée ?*

Les comparaisons AM-PM ne diffèrent pas des comparaisons réalisées dans le contexte d'affaires pénales habituelles. Qu'il s'agisse d'une source vivante ou non, de traces digitales ou d'impressions encrées, les éléments soumis à l'appréciation du spécialiste sont de nature comparable. C'est pourquoi, dans ce chapitre, seront examinées les contraintes et les limites des comparaisons de crêtes papillaires, au sens général.

Les comparaisons AM-PM peuvent commencer par le niveau I (formes générales), mais une individualisation n'est possible qu'avec le niveau II, voire III.

Dans la pratique, le spécialiste considère que deux empreintes digitales (empreintes digitales encrées et/ou traces digitales) viennent de la même matrice lors-

qu'elles sont suffisamment similaires et qu'aucune divergence non expliquée n'apparaît. Conclure à une source commune repose dès lors sur ce que signifie l'expression « suffisamment similaire » ou sur comment définir une mesure de proximité standard. Pour le SWGFAST⁵¹, « *sufficiency is the examiner's determination that adequate unique details of the friction source area are revealed in the impression* ». Cela signifie que dans les faits, la réponse est subjective. Ce point est crucial et constitue une critique récurrente adressée aux dactyloscopes.

Dans la communauté internationale des spécialistes en empreintes digitales, il n'y a pas de consensus quant aux critères nécessaires pour prononcer une individualisation. Sans divergence non expliquée, et pour des configurations jugées comparables, le nombre de minuties est un paramètre souvent avancé. À certaines époques et en certains lieux, un nombre minimum de minuties concordantes a été exigé. Mais certains États (Grande-Bretagne et États-Unis par exemple) ne fixent pas ce nombre et s'en remettent à l'avis de spécialistes, considérant que le nombre de minuties n'est pas une mesure fiable. C'est pourquoi certains paramètres intervenant dans l'établissement de l'individualité par les empreintes digitales requièrent aujourd'hui encore un consensus scientifique. La validité de ce moyen de preuve dans les tribunaux en dépend. Puisque le nombre de minuties ne semble pas apporter de réponses satisfaisantes, une estimation d'incertitude statistique est de plus en plus demandée [Egli et al., 2007]. Ce besoin est légitimé par le fait que si des exclusions peuvent être formulées de façon catégorique, aucun processus d'identification ne peut conduire, théoriquement, à une individualisation absolue, même avec des populations d'intérêt limitées [Broeders, 2006].

Pourtant, depuis plus d'un siècle, les comparaisons d'empreintes digitales sont utilisées en science forensique. Mais cent ans d'application n'est pas un garant absolu d'infailibilité⁵². Plusieurs Cours de justice relèvent que les bases scientifiques de l'établissement de l'individualité par empreintes digitales n'ont pas été formellement établies [Pankanti et al., 2002] [Cole, 2009], ce qui nourrit de nombreux débats au sujet de l'admissibilité de ce moyen de preuve dans le système juridique anglo-saxon. En fait, depuis plus de cinq cents ans, des discussions ont lieu sur la valeur des preuves dans les tribunaux [Christensen, 2004]. Les relations entre la science et la justice ont été animées de diverses controverses, en particulier depuis

51 *Scientific Working Group for Friction Ridge Analysis, Study and Technology*. Source: *Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners* § 3.3 (Aug. 22, 2002), version 1.01, http://www.swgfast.org/Friction_Ridge_Examination_Methodology_for_Latent_Print_Examiners_1.01.pdf (dernière consultation le 04.07. 2009).

52 Le test du temps n'est pas une preuve. À une époque, l'idée que la Terre était plate résistait très bien à ce test.

la deuxième moitié du XIX^e siècle. Des reproches ont été adressés à plusieurs disciplines scientifiques sur la réelle valeur de leurs conclusions, surtout lorsque ces dernières étaient jugées subjectives. Malgré les progrès technologiques, ces débats sur l'admissibilité des preuves scientifiques se poursuivent dans les systèmes judiciaires anglo-saxons.

Concernant la réglementation des preuves (*Law of Evidence*), la première règle importante de justice anglo-saxonne sur l'admissibilité de l'indice scientifique est issue de l'affaire *Frye v. United States* en 1923. Cette règle, devenue la « *Frye Rule* » ou « *Frye test* », exigeait que les principes scientifiques sous-tendant un indice soient reconnus et acceptés par la communauté scientifique. Au milieu des années 1970, plusieurs règles ont pris le relais dans les tribunaux civils et criminels aux Pays-Bas, au Canada ou aux États-Unis par exemple (aux États-Unis, ce sont les FRE - *Federal Rules of Evidence*) [Broeders, 2006]. Mais ces diverses règles n'ont pas apporté entière satisfaction. Au début des années 1990, l'avènement de nouvelles technologies a montré que ces deux précédentes approches avaient atteint leurs limites⁵³. En particulier, l'arrivée de la génétique dans l'analyse des indices, avec l'adoption d'un langage probabiliste quant à ses conclusions, a ouvert de nouvelles voies tout en réactivant les débats [Saks et Koehler, 1991]. En 1993, suite à l'affaire *Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals Inc.* [Daubert v. Merrell, 1993]⁵⁴, la Cour suprême des États-Unis a ajouté quatre nouveaux critères à celui de l'acceptance. En plus de la fiabilité du spécialiste (FRE 702) et de la pertinence des traces, la technique ou la méthodologie est soumise aux exigences suivantes:

1. des tests empiriques doivent avoir été réalisés ou doivent pouvoir l'être,
2. des standards de contrôle doivent exister et être mis à jour,
3. les taux d'erreur doivent avoir été établis (ou doivent pouvoir l'être) et être acceptables,
4. des publications doivent avoir eu lieu et avoir été soumises à la critique des pairs,
5. il doit y avoir acceptation dans la communauté scientifique.

53 À ce sujet, [Christensen, 2004] relève que la seule règle de l'acceptance a joué un rôle de frein pour les technologies nouvelles. Ainsi Galilée a échoué, lors de son procès, à faire accepter que c'était le Soleil et non la Terre qui était au centre de notre portion d'univers. Darwin aurait aussi échoué à convaincre un tribunal et n'aurait pas pu défendre sa théorie de l'évolution.

54 Jason Daubert et Eric Schuller sont deux enfants nés avec de graves anomalies congénitales. Considérant que leur handicap avait été causé par l'ingestion prénatale de Bendectin par leur mère, ils ont porté plainte, avec leurs parents, contre *Merrell Dow Pharmaceuticals*, filiale de *Dow Chemical Company*.

À noter que les quatre nouveaux critères ne s'éloignent pas fondamentalement du premier puisque l'existence de tests, de standards, la connaissance des taux d'erreur et la critique des pairs sont autant de paramètres qui génèrent l'acceptation dans la communauté scientifique.

5.6.1. Validité scientifique des comparaisons d'empreintes digitales

Le domaine des empreintes digitales n'a pas échappé à ce courant jurisprudentiel. En 1999, dans l'affaire *USA vs. Byron Mitchell*, l'avocat de la défense faisait valoir que les prémisses fondamentales de l'individualisation par empreintes digitales n'avaient pas été testées de façon objective et que les taux d'erreur potentielle n'étaient pas connus [Pankanti et al., 2002]. La motion déposée pour exclure ce moyen de preuve a été rejetée, mais les critiques ont été jugées suffisamment pertinentes pour que l'Institut national de justice mette sur pied un groupe de travail. Ce groupe doit conduire une recherche fondamentale sur la validité scientifique de l'individualité du dessin formé par des crêtes papillaires (mesures, quantifications et évaluations statistiques des caractéristiques). Il devra déterminer la somme des détails nécessaires, sur une seule empreinte, pour entreprendre une comparaison et la somme des détails nécessaires pour prononcer une correspondance entre deux empreintes. En janvier 2002, l'affaire *Eastern District of Pennsylvania in United States v. Llera Plaza* marquait les esprits car la Cour américaine limitait, durant dix semaines seulement mais pour la première fois de son histoire, l'admissibilité des empreintes digitales pour motif de non-respect de tous les critères Daubert [Christensen, 2004] [Cole, 2004]. La Cour a considéré que le spécialiste pouvait attester des similitudes et des différences entre une trace digitale et une empreinte, mais pas conclure en désignant une source commune.

Les faux positifs

Exemple 19 :

2002, États-Unis: Kathleen Hatfield, femme de 46 ans vivant parmi les sans-abri du comté de Sanoma, est annoncée disparue par sa mère. Son nom et son signalement sont introduits dans une banque de données de personnes portées disparues. Kathleen ayant commis un délit quelques années auparavant, les enquêteurs ont à disposition ses empreintes digitales, ainsi que le descriptif du tatouage d'une rose.

Durant l'été, le corps sans vie d'une femme est découvert dans la région de Las Vegas, avec un tatouage qui semble correspondre à celui de Kathleen. Les enquêteurs du département de la police de Las Vegas entreprennent une comparaison d'empreintes digitales au terme de laquelle ils confirment l'identité présumée.

La mère de Kathleen est avisée. Elle ne comprend pas les raisons qui auraient poussé sa fille à se rendre dans la région de Las Vegas, mais les preuves avancées par les enquêteurs la convainquent. Le corps est incinéré.

Cinq semaines après ces faits, Kathleen Hatfield recontacte sa mère par téléphone !

Les enquêteurs ne purent que reconnaître leur erreur⁵⁵.

Suite aux attentats du 11 mars 2004 à Madrid, c'est l'affaire d'un avocat de l'Oregon, Brandon Mayfield⁵⁶, faussement identifié par le FBI, qui a relancé le débat sur l'acceptabilité des individualisations par empreintes digitales. Ce cas n'était pas le premier faux positif annoncé suite à des comparaisons entre une trace digitale et l'empreinte d'un suspect. Pour une période allant de 1920 à 2004 concernant les États-Unis, l'Angleterre et l'Écosse, [Cole, 2005] a recensé 22 cas de fausses individualisations par empreintes digitales (dont le cas Mayfield et celui présenté en exemple 19). Ces erreurs, documentées dans la littérature, ne constituent qu'une partie de la réalité. Des faux positifs peuvent être prononcés dans des services de police, puis être corrigés à temps. Quant au nombre de faux négatifs, il est inconnu.

Après l'affaire Mayfield, une étude a été faite pour connaître les raisons de l'erreur [Stacey, 2004]. Cette étude fait la distinction entre les aspects humains et méthodologiques; elle conclut à une erreur humaine, malgré le système de contrôle mis en place et la confirmation du résultat par plusieurs personnes aux États-Unis. Cette conclusion condamne les opérateurs et satisfait ceux qui considèrent que l'unicité des empreintes digitales assure une précision absolue (l'erreur méthodologique reste nulle). C'est pourquoi [Cole, 2005] propose de toujours assortir la failli-

55 Référence: Michael Coit, « *Santa Rosa Woman Identified as Vegas Slaying Victim Turns Up Alive* », Santa Rosa Press Democrat, Sept. 13, 2002. Source: <http://www.latent-prints.com/press%20demo.htm> (dernière consultation le 04.07.2009).

56 Les services de police espagnols avaient prélevé, sur un sac contenant des détonateurs liés aux attentats, un certain nombre de traces digitales latentes et incomplètes. Par l'entremise d'Interpol, ces traces ont été adressées au FBI pour des recherches dans leur banque de données. Un agent a identifié la trace avec une empreinte de Mayfield. Son travail a été vérifié par plusieurs personnes de son service, puis par un expert indépendant mandaté par le juge. Mayfield est arrêté le 6 mai 2004 bien que le 13 avril, le FBI avait été informé que les services de polices espagnols ne confirmaient pas ce résultat. Le 19 mai, les Espagnols annoncent l'identification d'un citoyen algérien, Ouhane Daoud. Le 24 mai, le FBI retire ses conclusions et libère Mayfield.

bilité des opérateurs à l'unicité des empreintes digitales. Mais cette affaire a aussi montré, comme toutes les erreurs, qu'une trace digitale peut être jugée très ressemblante à une empreinte digitale ne provenant pas de la vraie source, ressemblance suffisamment élevée pour que le spécialiste aboutisse à une fausse conclusion.

Taux d'erreur

La critique principale pouvant ébranler l'infailibilité des empreintes digitales comme moyen de preuve est l'absence d'un taux d'erreur des techniques de comparaison, voire la prétention d'un taux d'erreur méthodologique nul. C'est la validité de la technique de comparaison qui est visée: comment attester que la technique appliquée est capable de fournir, de façon constante et fiable, des résultats conformes à la vérité. Cette carence est causée par diverses difficultés spécifiques au domaine de la dactyloscopie. La première difficulté est d'intégrer les probabilités dans la comparaison d'empreintes digitales. Estimer la fréquence d'un type de minutie précis dans une population est très complexe car différents paramètres y sont liés (comment distinguer les types de minuties, comment les définir avec précision, comment prendre en compte leur emplacement exact sur l'empreinte ou leur intra-variabilité par exemple). À noter que des recherches innovantes et encourageantes sont entreprises dans cette direction en intégrant des perspectives statistiques dans le processus d'identification [Champod, 1995] [Neumann et al., 2006] [Neumann et al., 2007] [Egli et al., 2007] [Biedermann et al., 2008].

Le taux d'erreur pourrait être calculé en divisant les erreurs commises par le nombre total de comparaisons effectuées. Mais ces valeurs ne sont pas connues. Le taux d'erreur et la précision de la technique n'étant pas connus dans la réalité, une solution consisterait à réaliser des études de validité (études contrôlées pour lesquelles les sources réelles de traces examinées seraient connues des organisateurs). Mais là aussi, des difficultés apparaissent. Bien que de telles études existent, elles sont toujours influencées par les différentes qualités des traces digitales examinées, par le degré de compétence et d'expérience des opérateurs et par les critères de correspondance adoptés. Une autre approche est celle de *proficiency tests*, mais ce type de contrôle ne renseigne que sur les compétences d'un individu ou d'un service en particulier, sans constituer une mesure précise de l'efficacité de la technique en général.

Une autre réponse à l'estimation d'un taux d'erreur est de mentionner que sur cent années d'application, chaque cas présenté devant la Cour a constitué un test réussi. Pour [Cole, 2006], ce raisonnement constitue le « *casework fallacy* ». De même que les données et les résultats accumulés par des systèmes automatiques

tels AFIS, l'ensemble de ces cas ne donne pas de renseignements pertinents sur la validité de la technique (le nombre de fausses exclusions et le nombre de fausses identifications restent inconnus).

Le taux d'erreur peut aussi être déduit d'affaires résolues par la génétique. Sur 155 cas pour lesquels des empreintes digitales ont été relevées avec des traces génétiques, l'ADN n'a permis de détecter qu'une seule erreur, soit 0,6%, taux plus bas que ceux détectés de la sorte pour d'autres moyens de preuve [Cole, 2005].

Procédures de contrôle

Pour prévenir les erreurs du type de celle de l'affaire Mayfield, diverses procédures de contrôle ont été mises en place⁵⁷ [Stacey, 2004]. Il est recommandé de réaliser des images de bonne résolution sur lesquelles figure toujours un repère. Les traces doivent être orientées de façon appropriée. La méthodologie préconisée désigne quatre étapes distinctes: l'analyse des éléments à comparer, la comparaison, l'évaluation des similitudes et des divergences observées, puis la vérification des résultats trouvés (soit ACE-V pour analyse, comparaison, évaluation et vérification). Toutes les procédures doivent être écrites (lieu de prélèvement, technique de révélation, opérateur, date). Lors des comparaisons, les divergences doivent être notées et expliquées (sont-elles considérées comme exclusives ou non). Il est important que les opérateurs et les vérificateurs soient bien formés, bien entraînés et qu'ils osent s'opposer, en tout temps, aux conclusions de leurs collègues, sans devoir de réserve. La constitution d'équipes spécifiques selon la qualité des traces (traces ambiguës pour les uns, cas simples pour les autres) n'est pas recommandée. De plus, les opérateurs devraient autant s'entraîner à chercher des divergences que des similitudes.

La règle relative à un certain nombre minimum de points concordants doit être écartée car elle n'offre pas des garanties suffisantes⁵⁸. À ce sujet, [Aitken et Taroni, 1996] relèvent que cette règle appliquée à la génétique reviendrait à ne pas communiquer de résultat lorsqu'un profil d'ADN s'avère incomplet.

La méthodologie ACE-V et les programmes de formation ne constituent qu'un cadre formel appréciable, sans pour autant apporter la garantie d'exclure les faux positifs. Sur les 22 cas de faux positifs présentés par [Cole, 2005], 12 cas avaient

57 En fait, il s'agit simplement d'une ré-actualisation d'anciens principes définis par Reiss, Bertillon, Locard et Henry notamment.

58 Sur les 22 cas de faux positifs cités par [Cole, 2005], plus de la moitié avaient au moins 16 points de concordance.

été vérifiés (le système de contrôle s'est avéré davantage un système d'auto-évaluation subjectif qu'un rempart efficace contre les erreurs) et 7 cas avaient été annoncés par des examinateurs certifiés.

Sous un angle plus large, il convient aussi d'admettre que cette problématique est liée à la direction prise par la dactyloscopie ces dernières décennies. Dans la plupart des services de police, la dactyloscopie est devenue une routine pour une majorité d'agents sans véritable formation. De plus, la formulation des empreintes digitales a été abandonnée au profit de leur numérisation dans des banques de données. Cela a eu pour effet de supprimer l'exercice régulier de l'observation des dessins de crêtes. Désormais, le policier d'un service technique ne se penche plus que sur des cas particuliers ou pour lesquels une correspondance a été annoncée par un système informatisé. La formulation représentait une tâche quotidienne comparable à celle des gammes pour un musicien. Son abandon n'est pas étranger à l'apparition de certaines erreurs, d'où la nécessité d'un rappel des règles élémentaires.

Conclusion partielle

L'individualisation par les empreintes digitales est admise, mais sa validité reste encore à démontrer de façon rigoureuse. L'assertion d'unicité des empreintes digitales n'est pas le garant de la précision des comparaisons pour lesquelles le taux d'incertitude n'est pas connu. Malgré des programmes de formation et la mise en place de méthodologies, des erreurs peuvent être commises. L'analyse des causes de ces erreurs ne remet pas en question la méthodologie ou la limitation des déterminations que devrait imposer la qualité des traces, mais mentionne presque toujours des erreurs humaines.

Il n'est pas exclu que dans certaines affaires le contexte puisse jouer un rôle, en particulier lorsqu'il y a des éléments circonstanciels considérés, à tort ou à raison, à charge du suspect⁵⁹. Les effets de contexte, la pression du spécialiste devant résoudre une affaire grave sont aussi parfois invoqués, comme la qualité des traces digitales, leur possible ambiguïté. À noter que ces contextes sont aussi ceux de cas corrects, mais ils sont soulignés en cas d'erreur.

59 *A posteriori*, ces éléments peuvent parfois surprendre. Dans l'affaire Mayfield, les enquêteurs du FBI avaient établi que le suspect s'était converti à l'islam, qu'il avait épousé une femme d'origine égyptienne et qu'il avait déjà défendu en justice une personne condamnée pour terrorisme. Autant d'éléments considérés comme en sa défaveur.

Dans le domaine de l'identification des personnes décédées, la question des influences émotionnelles se pose aussi. Les émotions sont initiées par le contexte de la mort, par l'aspect que peut avoir la personne décédée, ou par les contacts avec des familles en attente d'un proche porté disparu. Ces influences sont présentes de façon spécifique dans le domaine des empreintes digitales car les dactyloscopes font partie des services de police, ce qui les place au premier plan de toutes les informations rassemblées, de la levée de corps à la prise de décision en passant par la rencontre avec les familles. Dans le domaine de l'ADN ou des données dentaires, des partenaires extérieurs interviennent, processus qui filtre une partie de ces influences émotionnelles. C'est pourquoi les effets de contexte sont examinés ci-après.

5.6.2. Les effets de contexte

Comme illustré avec l'échiquier d'Adelson (cf. sous-chapitre 3.4.3, La reconnaissance négative erronée), un observateur organise, évalue et interprète ce qu'il perçoit dans son environnement. Certaines études ont cherché à déterminer dans quelle mesure ces mécanismes pouvaient être influencés par les émotions, et dans quelle mesure ces émotions pouvaient avoir un impact sur la prise de décision du spécialiste qui procède à des examens forensiques [Halberstadt et Niedenthal, 1997] [Risinger et al., 2002] [Saks et al., 2003] [Dror, 2005] [Dror et al., 2006] [Dror et Charlton, 2006] [Schiffer et Champod, 2007].

Le fait que les désirs et les attentes puissent influencer les perceptions et leurs interprétations est un principe élémentaire de la psychologie moderne. En 1620 déjà, Sir Francis Bacon avait suggéré que l'être humain, en réaction à une proposition, avait une certaine propension à la confirmer plutôt qu'à l'infirmier [Saks et al., 2003]. Cette tendance s'accroît lorsque la proposition en question confirme ses croyances personnelles. Elle apparaît aussi dans l'attitude courante qui consiste à tester une hypothèse en cherchant ce qui la confirme plutôt que ce qui l'infirmier⁶⁰. Qu'ils soient appelés effets ou biais d'observation, d'attente, d'ancrage, de rôle, de

60 C'est la prédiction créatrice (effet « Pygmalion » ou effet « Rosenthal »). Lorsque des opérateurs doivent apprendre à des rats à réaliser un parcours dans un labyrinthe, les résultats vont dépendre d'informations préalables. Si les rats sont présentés comme dégénérés, les opérateurs feront part des difficultés rencontrées. Les mêmes rats présentés comme spécimens intelligents vaudront des remarques positives.

Des expériences du même type ont été faites avec des élèves présentés comme brillants ou en difficulté scolaire à des évaluateurs. Les jugements des travaux s'avèrent influencés par ces informations préalables.

conformité ou de perception, ces effets (ci-après désignés par l'expression générique d'effets de contexte) sont des erreurs de perception, de détermination, de mémorisation ou d'interprétation.

Les mécanismes humains sont tels que de nouvelles informations ne peuvent pas être acquises sans structures pré-existantes; sans elles, le monde ne serait que totale confusion. Cependant, ces mécanismes ne font pas que faciliter la perception, ils peuvent aussi, en certaines circonstances, la modifier voire la tromper. Le contexte intervient parfois de façon subtile pour résoudre une situation ambiguë. Ainsi le signe « B » peut être perçu comme la lettre « B » dans la suite « A- B -C » et comme le nombre treize dans la suite « 12- B- 14 » [Risinger et al., 2002] [Saks et al., 2003]. Au moment d'un choix, l'observateur est guidé vers une orientation en fonction de ses connaissances antérieures, voire de ses attentes. De plus, il semble que les résultats d'une observation sont, à certains degrés, non seulement fonction des caractéristiques observées, mais aussi de l'état émotionnel dans lequel se trouve l'observateur. La plupart des études menées dans ce domaine indiquent que ces effets sont plus forts pour des situations ambiguës que pour des situations claires.

En science forensique, ces sources d'erreurs peuvent aussi apparaître car les principales méthodes utilisées font appel à des jugements subjectifs et à des interprétations. D'une façon générale, les facteurs qui influencent une détermination peuvent être classés en facteurs externes (circonstances de l'affaire, contraintes de temps, pression médiatique ou hiérarchique par exemple) et en facteurs internes, propres à l'opérateur (acuité visuelle, niveau de formation et de compétence, expérience par exemple) [Schiffer et Champod, 2007]. À chaque étape de son travail, le spécialiste peut commettre des erreurs: durant la perception initiale, durant la sélection de données, leur analyse, leur enregistrement ou leur interprétation par exemple. S'il intervient comme vérificateur, ou s'il reçoit une première information indiquant déjà une orientation, le spécialiste risque d'adapter son comportement de façon à confirmer ce qui lui a été dit. Autre exemple: si une règle est appliquée, comme celle d'un nombre minimal de correspondances à atteindre, le travail du spécialiste pourra en être influencé (effet d'ancrage). D'autre part, les études sur ce type d'influence ont montré que le premier avis qu'un individu se forge est résistant à la critique [Saks et al., 2003]. Ainsi une conclusion incorrecte résultant de faits trompeurs peut continuer à sembler correcte à son auteur.

[Dror et al., 2005] ont examiné cette problématique dans le domaine des comparaisons d'empreintes digitales. Ces auteurs ont demandé à 27 étudiants de réaliser des comparaisons impliquant des traces digitales, dont 48 configurations étaient ambiguës. Les mêmes configurations étaient présentées soit dans un contexte dit

faible (affaire de vol), soit dans un contexte dit fort (affaire de meurtre avec photographies des victimes). Les résultats ont démontré l'impact du contexte: le nombre de correspondances annoncées était plus élevé lorsque le contexte était fort (effet *top-down*). Une partie des auteurs ont poursuivi leurs recherches en mettant en place un stratagème particulier [Dror et al., 2006]. Ils ont rassemblé 5 cas traités par des experts reconnus dans le domaine de la dactyloscopie. Ces cas concernaient des individualisations prononcées dans des affaires criminelles. Cinq ans après l'établissement des expertises originales, ces mêmes cas ont été soumis aux mêmes experts, mais avec l'information qu'il s'agissait du matériel de l'affaire Mayfield (suggérant ainsi qu'il s'agissait d'une non-correspondance). Un expert a confirmé sa conclusion initiale (correspondance), un autre ne s'est pas déterminé (jugant les éléments insuffisants) et les trois autres ont conclu à des exclusions, contredisant ainsi leur jugement initial. Toujours dans l'analyse de cette problématique, [Dror et Charlton, 2006] ont conduit une autre expérimentation impliquant 6 experts renommés dans le domaine des empreintes digitales. Ils leur ont soumis 8 cas de difficulté variable intégrant 4 individualisations et 4 exclusions. La moitié des cas étaient présentée sans contexte, l'autre moitié avec des contextes donnant des informations contradictoires par rapport aux vrais résultats (aveux des suspects pour les cas d'exclusions, présences des suspects impossibles sur les lieux pour les cas d'individualisations). Les participants devaient se déterminer une première fois, puis ont été invités à ré-examiner les cas, mais dans leur environnement habituel de travail (sans manipulation de contexte). Seuls 2 sur 6 ont présenté un deuxième avis conforme au premier. Les autres ont modifié leurs conclusions, en majorité pour les cas les plus difficiles. Les auteurs concluent que les experts peuvent être vulnérables aux effets de contexte, mais que cette vulnérabilité apparaît aussi dans l'environnement habituel de travail, soit sans manipulation de contexte. À nouveau, ils soulignent que les comparaisons jugées ambiguës sont concernées de façon particulière.

L'étude menée par [Schiffer et Champod, 2007] est venue relativiser quelque peu ces résultats. Pour évaluer la phase d'analyse de la méthodologie ACE-V, ces auteurs ont soumis à des étudiants en police scientifique une dizaine d'empreintes digitales de qualité moyenne à difficile pour étudier les biais potentiels d'observation en fonction du degré de formation (test 1), ou en fonction du contexte (test 2). Les résultats obtenus ont montré que le degré de formation avait pour effet d'augmenter le nombre de minuties retenues. Les novices ont indiqué en moyenne 8,1 minuties pour 11,5 après formation. Fait intéressant: le nombre d'arrêts de ligne a augmenté alors que celui des bifurcations a diminué. Quant aux différents contextes, ils se sont avérés sans effet particulier.

Une autre étude a été menée pour vérifier les effets de contexte dans un cadre policier courant [Hall et Player, 2008]. Les auteurs ont testé 70 experts du bureau d'empreintes digitales de la police métropolitaine britannique. Le scénario présenté était celui d'une trace digitale détectée sur un billet de banque. Pour la moitié des experts, ce billet faisait partie d'une affaire dont le contexte était annoncé faible (vol). Pour les autres, le même billet faisait partie d'une affaire dont le contexte était annoncé fort (vol suivi d'un meurtre, mais sans photographie). 50% des experts ayant travaillé dans le contexte fort ont reconnu avoir été affectés sur le plan personnel contre 6% des experts du contexte faible. Par contre, les auteurs indiquent que ces différents contextes n'ont pas affecté ou modifié les prises de décision des experts. Cette dernière étude a été contestée, notamment pour son manque de rigueur dans la réalisation de l'expérience et pour des failles dans l'analyse statistique des données [Saks, 2009] [Dror, 2009].

Recommandations

Pour éviter que les analyses ne reflètent des attentes individuelles, les différentes études consacrées aux effets de contexte préconisent, en plus des recommandations générales concernant les procédures de contrôle, le respect des points suivants:

- ◆ l'opérateur doit s'en tenir à son propre domaine de compétence et à ses propres observations (il convient d'éviter d'intégrer des éléments connexes pouvant venir des enquêteurs ou d'autres spécialistes),
- ◆ toutes les observations doivent être documentées de suite pour éviter des processus incorrects de rappel d'informations mémorisées,
- ◆ la méthodologie ACE-V doit être suivie avec précision,
- ◆ ne pas accepter les demandes de ré-examens orientés (demande de modifications des conclusions),
- ◆ lorsque c'est possible, travailler avec des procédures en aveugle (sans connaître les détails du cas en question), voire avec des « parades d'indices » [Saks et al., 2003] (indices intégrés comme blancs de contrôle ou sans lien avec l'affaire).

Dans leur ensemble, les effets de contexte ne sont pas sans faire penser à ceux présentés lors de l'analyse du processus de reconnaissance (effets des *feedbacks*, influences verbales ou comportementales, malléabilité de la confiance par exemple). Pourtant une différence importante apparaît: dans le processus d'identification dont il est question, les éléments soumis à l'analyse sont inanimés et figés dans le temps,

qualités qui ne sont pas toujours présentes dans le processus de reconnaissance. Cette différence a pour conséquence d'attribuer à un seul acteur, le spécialiste, la responsabilité du contrôle de ces effets. C'est aussi pourquoi seuls les tests en aveugle sont recommandés (il n'y a plus lieu de procéder à des tests en double aveugle comme cela était préconisé avec le témoin et les enquêteurs).

Ces recommandations sont toutes applicables dans les procédures d'identification de personnes décédées. Elles diminuent les risques d'erreurs, mais ne les suppriment pas.

Spécificités des processus d'identification de personnes décédées

La plupart des études consacrées aux effets de contexte confirment que ces effets sont susceptibles d'apparaître dans des cas difficiles, ambigus et complexes, pour lesquels la décision d'une correspondance ou d'une non-correspondance ne s'impose pas de façon claire et rapide. Lorsqu'une trace digitale représente le seul élément matériel d'une affaire criminelle, la situation peut être critique. À ce sujet, [Hall et Player, 2008] relèvent qu'il peut y avoir, dans de tels cas, augmentation du niveau de responsabilité perçue par l'expert, mais que cela ne doit pas modifier sa prise de décision.

En règle générale, les situations ne sont pas aussi critiques dans les processus d'identification de personnes décédées. Des scénarios pour lesquels le référentiel ne serait constitué que d'une seule trace digitale sont rares, comme ceux pour lesquels le corps ne permettrait l'exploitation que d'un seul doigt. Dans la plupart des cas, si un doigt est exploitable, les autres le sont aussi. Quant aux référentiels, il est fréquent que plusieurs impressions digitales encrées soient disponibles, de telle sorte que s'il y a ambiguïté pour un doigt, il est possible de poursuivre les examens avec d'autres doigts. Cette spécificité permet de diminuer les risques d'effets de contexte pouvant intervenir avec une seule comparaison.

Chapitre 6

LES DENTS

Les empreintes digitales et l'ADN sont des domaines courants en science forensique. Par contre, l'odontologie forensique est un domaine particulier, moins bien connu des services de police. C'est la raison pour laquelle ce chapitre sera davantage développé.

6.1. Introduction

Les dents sont parmi les éléments les plus résistants du corps humain. Protégées dans la cavité buccale par les lèvres, les joues, le palais et la langue, elles sont constituées d'un tissu dur qui leur confère un potentiel d'individualisation privilégié dans des situations de décomposition avancée, de calcination ou de catastrophes [Goldstein et al., 1998] [Delattre et Stimson, 1999] [Pretty et Sweet, 2001] [Avon, 2004].

En dehors de conditions particulières de conservation (dans un glacier par exemple), les tissus mous se détériorent de façon progressive à l'air ambiant. Environ deux semaines après la mort, la présentation d'un corps et l'exploitation de ses empreintes digitales sont compromises, voire impossibles [Adams, 2003a]. Les dents ne subissent pas les mêmes effets du temps. Après la mort, elles résistent particulièrement bien, sur plusieurs mois, à des conditions extrêmes d'humidité ou de sécheresse [Whittaker et Rawle, 1987]. Quant à la chaleur et au feu, il en va de

même pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les dents ont une faible teneur en eau (0,4 à 0,8%). Ensuite, l'enveloppe musculo-cutanée de la bouche forme une protection appréciable lorsque les dents sont soumises au feu. Enfin, les propriétés physiques de l'émail et de la dentine les dotent d'une résistance supérieure à celle des autres tissus [Tavernier, 1996] [Sweet et Hildebrand, 1998]. En général, jusqu'à 100°C, il n'y a aucune altération; à 250°C apparaissent de petites fissures et les dents prennent une coloration jaune-brun; à 400°C, les couronnes se fragilisent; à plus de 800°C, les dents se fendent (après 1 minute), éclatent (après 30 minutes), puis les couronnes sont pulvérisées (après 60 minutes). En règle générale, les différents matériaux utilisés pour les traitements résistent aussi à de fortes températures: les amalgames jusqu'à 200°C, les résines entre 500 et 700°C, les porcelaines entre 900 et 1'400°C, l'or entre 900 et 1'500°C, les implants en titane jusqu'à 1'800°C.

Dans des régions comme l'Europe ou les États-Unis, les données dentaires présentent un autre avantage appréciable: en comparaison aux empreintes digitales et aux profils d'ADN, la probabilité d'enregistrements AM est plus élevée. Les personnes qui ont consulté un dentiste au moins une fois dans leur vie sont nombreuses, ce qui favorise l'existence de référentiels.

La résistance particulière aux effets de la décomposition et de la chaleur ainsi que la disponibilité fréquente de référentiels AM créent des conditions favorables au processus d'identification dentaire. Ce processus, qui peut être réalisé dans des délais relativement courts, a démontré sa fiabilité depuis de nombreuses années. Un exemple représentatif est son application dans les identifications des victimes du tsunami (24 décembre 2004). Lors de cet événement, environ 80% des victimes européennes⁶¹ ont été identifiées grâce à leurs données dentaires [Jackowski et al., 2006b] [Knut et al., 2007]. C'est pourquoi l'odontologie forensique joue un rôle important dans l'identification des personnes décédées.

Avant d'examiner l'intra et l'inter-variabilité des dents, deux brèves présentations seront faites: l'une des principaux systèmes permettant de nommer les dents et leurs faces, l'autre des deux approches odontologiques possibles en présence d'une personne décédée.

61 Dans le cadre du tsunami, il est judicieux de préciser la provenance des victimes identifiées selon les procédures engagées. Ainsi les victimes européennes ont été majoritairement identifiées par données dentaires, même lorsque leurs empreintes digitales PM étaient exploitables (les données AM étaient davantage constituées de données dentaires). En comparaison, les victimes thaïlandaises ont été majoritairement identifiées par empreintes digitales car les autorités de Thaïlande enregistrent ce type de données pour la réalisation de cartes d'identité de ressortissants âgés de plus de 15 ans [De Valck, 2006].

6.1.1. Nomenclatures

Les 32 dents humaines sont composées de 12 molaires, 8 prémolaires, 4 canines et 8 incisives. Pour distinguer ces dents selon leur emplacement dans la bouche, plusieurs nomenclatures ont été créées. Il en existe plusieurs dizaines [Keiser-Nielsen, 1963], si bien qu'il n'est pas possible d'être exhaustif en la matière. De nos jours, les plus courantes sont la nomenclature FDI (pour Fédération Dentaire Internationale, cf. annexe 3) et la nomenclature dite universelle (cf. figure 6.1). Il arrive parfois que la nomenclature HADERUP soit citée (du nom d'un médecin-dentiste ayant créé son propre système en 1902, cf. annexe 3).

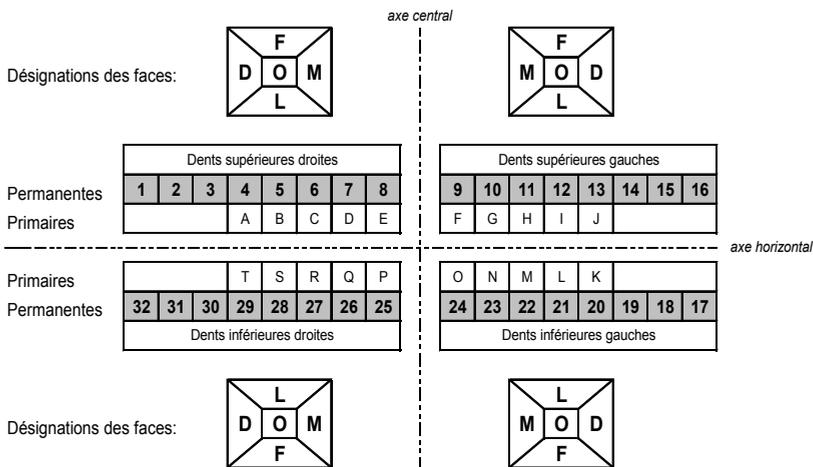


Fig. 6.1 - Nomenclature universelle.

La plupart des nomenclatures distinguent les dents selon deux axes: un axe horizontal (délimitant les dents supérieures, portées par le maxillaire – des dents inférieures, portées par la mandibule), et un axe central vertical (délimitant les dents gauches-droites). Les systèmes différencient la dentition adulte, appelée permanente, de la dentition lactéale (« dents de lait »), appelée dentition primaire ou dentition de lait.

D'habitude, les nomenclatures sont accompagnées d'un système de désignation des faces dentaires visibles. Dans la nomenclature universelle, les cinq faces visibles sont désignées par cinq lettres dont certaines se réfèrent à l'axe central vertical passant entre les dents 8-9 et 24-25 (cf. carrés situés aux quatre angles de la figure 6.1):

- ◆ M (*mesial*), face latérale la plus proche de l'axe central.
- ◆ D (*distal*), face latérale se situant du côté opposé à l'axe central.

- ◆ L (*lingual*), face latérale située vers la langue.
- ◆ F (*facial* ou *vestibulaire*), face latérale opposée à la langue.
- ◆ O (*occlusal* ou *triturant*), face touchant les quatre autres faces latérales (face opposée à la racine).

Une dent traitée sur ses faces mésiale, distale et occlusale est notée « M O D ».

La nomenclature FDI est celle adoptée par Interpol sur ses formulaires AM et PM⁶². Elle a pour caractéristique de localiser les dents par le chiffre des dizaines (1_ pour le quadrant supérieur droit, 2_ pour le quadrant supérieur gauche, 3_ pour le quadrant inférieur gauche et 4_ pour le quadrant inférieur droit). La nomenclature universelle présente quant à elle l'avantage, pour l'odontologue, de numéroter ses observations dans un ordre progressif et linéaire en commençant par les dents supérieures droites.

Seule la nomenclature universelle sera retenue dans les prochains chapitres car c'est celle qui est utilisée dans les systèmes informatiques qui seront mentionnés. De plus, elle permet d'effectuer des conversions rapides en comptant simplement les dents en cas de comparaison avec d'autres nomenclatures.

En matière d'investigations odontologiques sur une personne décédée, il existe deux approches distinctes : le *profiling* dentaire PM et l'identification comparative.

6.1.2. *Profiling* dentaire PM

Le *profiling* dentaire PM [Pretty et Sweet, 2001], parfois appelé identification estimative ou reconstructive [Tavernier, 1996] [Wood, 2006], est réalisé en l'absence de matériel de comparaison. Cette approche n'aboutit pas à la désignation d'une identité civile. L'odontologue a pour mission de déterminer des paramètres tels que l'âge, le sexe, l'origine ethnique ou de mentionner des particularités singulières. Ces informations permettent de limiter le groupe de population auquel la

62 Interpol recommande l'utilisation de dossiers AM permettant de rassembler toutes informations concernant une personne portée disparue ou potentiellement victime d'une catastrophe (identité civile, objets personnels, empreintes digitales, données dentaires, etc.). Ces dossiers sont de couleur jaune par distinction aux dossiers PM de couleur rose qui permettent de rassembler toutes les informations concernant une personne décédée non identifiée (sexe, taille, couleur de la peau, empreintes digitales, données dentaires, etc.). Ce système imposant un format de saisie standard a prouvé son utilité, en particulier lorsqu'il est nécessaire de comparer et de rapprocher des données en provenance de diverses régions du monde [De Valck, 2006].

personne décédée appartient, donc de circonscrire le champ des recherches de données AM [Pretty et Sweet, 2001].

Pour formuler des hypothèses sur les paramètres sexe, origine ethnique et âge, les analyses doivent être multifactorielles [Tavernier, 1996] [Burriss et Harris, 1998] [Avon, 2004] [Cameriere et al., 2007], c'est-à-dire que les examens dentaires doivent être réalisés de façon conjointe aux examens, notamment, du squelette [Watson, 1974], du palais [Burriss et Harris, 1998] [Caldas et al., 2007], ou encore de la morphologie crânio-faciale dont les sinus frontaux [Marlin et al., 1991] [Jaya-prakash et al., 2001] [Kirk et al., 2002] [Christensen, 2004].

- ◆ **Le sexe.** Ce paramètre ne fait pas apparaître de différences significatives dans la morphologie des dents [Pretty et Sweet, 2001]. Par contre, pour les adultes, un certain dimorphisme s'observe dans la répartition spatiale des dents, caractéristique qui se répercute sur les dimensions du palais [Burriss et Harris, 1998].
À noter qu'un profil génétique peut être établi avec la pulpe dentaire, profil qui indique le sexe de façon fiable [Sweet et al., 1999] [Pretty et Sweet, 2001].
- ◆ **L'origine ethnique.** C'est à nouveau la répartition spatiale des dents plutôt que les dents elles-mêmes qui fait apparaître des différences selon les origines ethniques [Burriss et Harris, 1998]. Cette caractéristique, évaluée avec les mesures anthropométriques du crâne et de la face, permet de distinguer trois groupes majeurs: les Caucasiens, les Mongols et les Négroïdes [Pretty et Sweet, 2001].
- ◆ **L'âge.** L'estimation de l'âge par les dents est un sujet récurrent dans la littérature scientifique. Cela provient du fait qu'il existe, dans la vie courante, de nombreuses situations qui nécessitent une détermination la plus précise possible de l'âge par des moyens non invasifs. Cette problématique touche une catégorie de la population pour laquelle la date de naissance est douteuse: amnésiques, immigrants, demandeurs d'asile ou réfugiés par exemple. Pour ces personnes, l'incertitude de l'âge peut avoir des conséquences importantes: détermination des droits à conduire, à se marier, à voter, détermination de la majorité sexuelle, de la maturité sexuelle, ou de la responsabilité criminelle par exemple.

Lorsque la personne décédée est un enfant, l'estimation de l'âge par procédé odontologique est assez précise grâce aux indicateurs fiables que sont le degré de développement et l'état de minéralisation des dents (précision habituelle de

±24 mois [Pretty et Sweet, 2001] [Azrak et al., 2007]). Pour cette catégorie de personnes, la longueur des racines est un bon indicateur [Liversidge et Molleson, 1999]. Pour les adolescents et les adultes, l'estimation de l'âge est plus complexe [Soomer et al., 2003] [Wood, 2006]. Concernant les jeunes adultes, les dates d'éruption des dents sont très variables et c'est le stade de développement qui fournit la meilleure évaluation (±4 ans [Pretty et Sweet, 2001]). Chez les adultes d'âge moyen ou avancé, l'estimation est rendue difficile par des maladies parodontales progressives, par de multiples traitements dentaires, voire par l'excès de poids. La marge d'erreur des méthodes traditionnelles est de ±10 ans pour 95% des individus [Azrak et al., 2007]. Pour des personnes décédées, cette marge d'erreur est indiquée à ±4 ans en appliquant des techniques plus sophistiquées comme celle exploitant le degré de racémisation⁶³ de l'acide aspartique dans la dentine [Ogino et al., 1985]. Ces auteurs parviennent à une estimation de l'âge d'une personne au moment de sa mort en comparant le degré de racémisation de ses dents à des degrés de référence établis avec des dents extraites sur des personnes d'âges connus (à noter que la marge d'erreur annoncée semble très faible pour une méthode de datation relative).

Parmi les nombreuses méthodes proposées pour estimer l'âge par l'examen des dents, il est possible d'en distinguer trois catégories: les méthodes visuelles n'altérant pas les dents (méthodes de Kvaal, de Miles par exemple), les méthodes qui nécessitent l'extraction des dents (méthode de Lamendin par exemple) et celles qui exigent, en plus de l'extraction, que les dents soient sectionnées, parfois en fines lames (méthodes de Solheim, de Johanson, de Bang ou de Gustafson par exemple). Pour chacune de ces méthodes, l'âge est estimé par une ou plusieurs formules qui intègrent des paramètres comme la couleur des dents, leur type ou leurs caractéristiques morphométriques [Solheim et Sundnes, 1980] [Soomer et al., 2003]. Exemple: l'estimation de l'âge (en années) selon la méthode Lamendin s'obtient, quel que soit le type de dent, par la formule suivante:

63 Des molécules sont dites énantiomères lorsqu'elles existent sous deux formes se différenciant uniquement par une symétrie dans un plan. Dans ce cas, on précise ces deux formes par les lettres « L » et « D ». Il s'avère que la forme « L » est la seule forme présente dans les organismes vivants. À la mort des organismes, les formes « L » se transforment progressivement, selon des conditions physico-chimiques, en la forme « D ». C'est le processus de racémisation. La proportion des formes « L » et « D » dans un organisme mort peut être utilisée comme méthode de datation relative. Cette datation n'est pas absolue car la vitesse de racémisation dépend des conditions environnementales (humidité, chaleur, pH...).

$$\hat{\text{Âge estimé}} = (0.18 \times P) + (0.24 \times T) + 25.53, \quad (6.1)$$

où P = (la hauteur de parodontite x 100) divisé par la hauteur de la racine, et T = (la hauteur de la transparence radulaire x 100) divisé par la hauteur de la racine. Cette méthode, simple d'application, est critiquée pour sa propension à surestimer l'âge des jeunes personnes et à sous-estimer celui des personnes âgées [Foti et al., 2001]. Une étude comparative de quatre méthodes (celles de Dalitz, de Miles, de Bang-Ramm et de Johanson) est arrivée aux mêmes conclusions [Solheim et Sundnes, 1980]. La méthode la plus fiable s'est avérée être celle de Johanson, mais toutes ont sous-estimé l'âge des personnes de plus de 50 ans et surestimé celui des moins de 40. Quelle que soit la méthode, les deux principaux reproches formulés sont le caractère subjectif des paramètres retenus (la plupart résulte d'évaluations de grandeurs, de formes ou de couleurs) et le fait que certains environnements altèrent ces paramètres après la mort (les dents peuvent s'assombrir ou changer de couleur par exemple) [Solheim et Sundnes, 1980] [Solheim, 1993]. Les méthodes les plus précises sont celles qui nécessitent que les dents soient sectionnées pour des examens externes et internes, comme la méthode de Solheim, par exemple, qui intègre quatorze variables dans des formules distinctes selon le type de dent [Soomer et al., 2003].

L'une des dernières études publiées sur ce sujet mentionne la possibilité de combiner des résultats cliniques et radiologiques (soit des techniques non invasives) [Azrak et al., 2007]. Mais les résultats n'atteignent pas un seuil de précision suffisant pour constituer une méthode autonome (pour 95% de quelque 1'000 patients, l'âge a été estimé avec une précision moyenne de ± 15 ans). D'autres chercheurs indiquent des résultats plus performants dans l'estimation de l'âge au moment de la mort (± 5 ans) en examinant, sur des radiographies de canines, le rapport des surfaces pulpe/dent [Cameriere et al., 2007]. Leur étude a porté sur une centaine de squelettes.

Le *profiling* dentaire PM permet de formuler des hypothèses sur d'autres paramètres, plus atypiques. C'est le cas des antécédents et du statut socio-économique de la personne décédée, éléments estimés selon le nombre de traitements, leur qualité et les matériaux utilisés [Pretty et Sweet, 2001]. D'autres éléments permettent de dresser une sorte de portrait-robot de la bouche ou d'une partie du visage. Des comportements habituels ou occasionnels peuvent avoir laissé des traces: taches dues à la fumée ou à l'usage d'antibiotiques comme la tétracycline [Harley, 1999], ou désalignement ponctuel de certaines dents dû à l'habitude de fumer la pipe par exemple [Bowers, 2004]. Des lésions très particulières peuvent trouver leur expli-

cation dans des habitudes professionnelles (émail entaillé en forme de demi-lune à force de sectionner régulièrement des fils électriques par exemple) ou être la conséquence de maladies (exemple: perte importante d'émail (érosion) causée par des acides produits lors de vomissements répétés en cas d'anorexie, d'alcoolisme chronique ou de problèmes gastriques)⁶⁴. La perte d'émail s'observe aussi chez les personnes souffrant d'hyposialie. Il y a plus de 150 ans, Auguste Ambroise Tardieu examinait déjà les modifications physiques et chimiques que certaines professions pouvaient produire dans certaines parties du corps [Tardieu, 1850].

Le stade ultime du *profiling* PM est de participer à la reconstruction du visage probable de la personne décédée, technique qui s'appuie en grande partie sur les données du crâne. Le squelette de la tête et les dents sont utilisés comme fondation pour la reconstruction des tissus mous du visage. À différents endroits du visage correspondent des épaisseurs de peau estimées selon des valeurs statistiques moyennes. Des spécialistes reproduisent ainsi, en dessin ou en trois dimensions, des visages pour lesquels des processus de recherche et de reconnaissance peuvent ensuite être engagés [Pretty et Sweet, 2001] [Jayaprakash et al., 2001] [Kähler et al., 2003] [Avon, 2004].

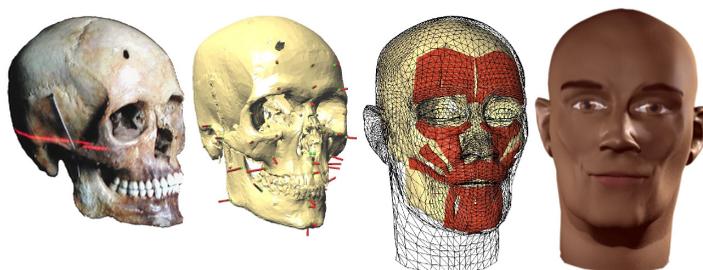


Fig. 6.2 - Étapes de la reconstruction d'un visage en partant de données PM, selon [Kähler et al., 2003](pp.554).

6.1.3. Identification comparative

La seconde approche, l'identification dite comparative, consiste à comparer les données dentaires relevées sur la personne décédée (données PM) avec celles disponibles pour une personne dont l'identité est supposée (données AM). Sauf cas exceptionnel (comme il sera fait mention sous « Divers » du sous-chapitre 6.5), cette

64 Exemples illustrés sur le site <http://www.forensicdentistryonline.org/> (dernière consultation le 11.05.2009).

approche implique un identifiant qui ne peut être que direct et ne vise que l'identité civile.

L'*American Board of Forensic Odontology* [ABFO, 1994] a édicté des lignes directrices et des standards en matière de processus d'identification impliquant des données dentaires. Ses recommandations visent les termes à utiliser et les procédures à suivre. Concernant la formulation des conclusions, elle invite à respecter la terminologie suivante:

- ◆ Identification positive: les données AM et PM correspondent sur suffisamment de points, sans divergence non explicable, pour établir qu'elles proviennent de la même personne.
- ◆ Identification possible: les données AM et PM présentent des caractéristiques communes dont la qualité n'est pas suffisante pour prononcer une identification positive.
- ◆ Données insuffisantes: les données disponibles ne sont pas suffisantes pour formuler une conclusion.
- ◆ Exclusion: les données AM et PM sont clairement différentes. L'identification par exclusion est une technique acceptée en certaines circonstances⁶⁵.

Dans les prochains chapitres, seule l'approche comparative sera retenue. Quant à l'expression « identification positive », elle sera écartée car contestée dans plusieurs domaines forensiques. Seule l'expression « identification » sera retenue. Concernant la terminologie adoptée pour les opérateurs, le médecin-dentiste ayant réalisé les traitements AM sera désigné par le terme « dentiste traitant » et le médecin-dentiste en charge du processus d'identification par le terme « odontologue ».

65 Cette remarque peut être généralisée aux autres domaines forensiques [Kind, 1964] [Kwan, 1977].

6.2. Intra-variabilité des dents

Pour un individu donné, ses caractéristiques dentaires varient au fil du temps. Il est possible de considérer cette intra-variabilité sous deux formes distinctes :

- ◆ l'intra-variabilité causée par la croissance et le développement habituels;
- ◆ l'intra-variabilité provenant d'altérations diverses et aléatoires pouvant être considérées comme des caractéristiques acquises ou accidentelles.

Ces deux formes d'intra-variabilité seront qualifiées de naturelle pour la première et d'accidentelle pour la seconde.

6.2.1. Intra-variabilité naturelle

L'intra-variabilité est d'origine naturelle lorsqu'elle résulte du développement de la denture produisant, successivement, l'éruption de dents primaires puis leur perte progressive avant l'éruption des dents permanentes. En règle générale, les premières dents primaires sont les incisives (entre le 6^{ème} et le 10^{ème} mois). Suivent les premières molaires (vers le 12^{ème} mois), les canines (vers le 16^{ème} mois) et les secondes molaires (vers le 20^{ème} mois). Vers l'âge de 2-3 ans, les vingt dents primaires sont présentes. Les premières dents primaires tombent vers l'âge de 6 ans, les dernières vers 12 – 13 ans (deuxièmes molaires). Les premières dents permanentes apparaissent quant à elles vers 6 – 7 ans (en règle générale, ce sont les incisives centrales, puis latérales, les canines, les prémolaires et les molaires). Ces indications d'âges sont approximatives [Bowers, 2004]. Des différences peuvent apparaître selon les individus (il arrive qu'une personne de plus de 60 ans ait encore des dents primaires).

Ces modifications permettent de définir trois périodes distinctes:

- ◆ la période des dents **primaires**,
- ◆ la période des dents **permanentes**,
- ◆ et la période intermédiaire durant laquelle la denture est constituée de dents primaires et permanentes (dentition **mixte**).

Le passage de l'enfance à l'âge adulte engendre des modifications profondes qui ne touchent pas que la nature des dents. Lorsque les dents primaires tombent, les relations spatiales sont modifiées et ce d'autant plus lorsque ces pertes sont accompagnées par l'éruption des dents permanentes. C'est pourquoi la période des dents mixtes est une période très dynamique du développement dentaire d'un individu.

Durant les quelques années où la mâchoire est encore en croissance, ces modifications sont importantes et nombreuses.

6.2.2. Intra-variabilité accidentelle

La seconde origine d'intra-variabilité est accidentelle. Elle résulte d'altérations diverses qui surviennent au fil du temps et nécessitent parfois des traitements. À ce sujet, il est utile de distinguer altérations et traitements, bien que ces deux sources d'intra-variabilité soient liées. La nature et le nombre des altérations dépendent de l'âge du patient, de ses habitudes alimentaires, de son hygiène dentaire ou encore de sa région d'habitation (exemple: des régions volcaniques favorisent la présence de fluor dans l'eau, ce qui a pour effet de limiter le nombre de caries des populations locales). Quant à la nature et au nombre des traitements, ils dépendent des conditions d'accès aux soins, donc implicitement du milieu socioculturel, des moyens financiers ou encore des infrastructures médicales disponibles dans la région d'habitation.

Dents primaires

Par rapport aux dents permanentes, les dents primaires sont affectées dans une moindre mesure par les altérations et les traitements car leur longévité est plus courte. Mais il existe tout de même des altérations spécifiques aux dents primaires dont les principales sont les caries (souvent liées à une alimentation trop sucrée) et l'érosion de l'émail (causée en grande partie par des boissons trop acides). Les habitudes alimentaires des enfants ont une influence encore plus grande que celles des adultes car les dents primaires sont constituées de tissus moins denses que ceux des dents permanentes. Cette vulnérabilité s'observe en particulier avec la consommation de jus de fruits. Sous une apparence de boissons saines, les jus de fruits ont des effets pernicieux. En plus d'une teneur élevée en sucre, ces boissons contiennent des acides qui attaquent l'émail et en diminuent l'épaisseur de façon progressive. En Europe, entre 1950 et 1990, la consommation de jus de fruits et de boissons sucrées (« *soft drinks* ») a été multipliée par sept. Aujourd'hui, près de la moitié des jus de fruits produits sont consommés par les enfants de 2 à 9 ans [Harley, 1999]. Cet auteur souligne que ce type d'érosion ne dépend pas uniquement de la forte consommation de boissons acides, mais aussi de la fréquence, de la méthode et du moment de consommation. Le dernier paramètre est important car lorsque la consommation d'une boisson acide précède de peu le brossage des dents, le potentiel d'érosion est

encore plus grand. Alors qu'au début du siècle passé le problème principal des dents primaires était les caries, c'est désormais l'érosion aussi qui est devenu un risque très fréquent. En 1993, l'enquête « *the UK Child Dental Health Survey* » a déterminé que la fréquence d'érosion chez les enfants de 5 ans était de 52% (érosion en majorité sur les incisives, certains cas allant jusqu'à découvrir la pulpe) [Harley, 1999].

Quant aux traitements de dents primaires, ils ne sont réalisés que dans des cas de douleurs persistantes et aiguës (traitements avec des résines composites, recouvrements avec du nickel-chrome par exemple). Mais les traitements restent peu fréquents car la pratique la plus courante est d'attendre la perte de la dent primaire, ou d'anticiper son extraction.

Dents permanentes

Concernant les dents permanentes, la plupart des spécialistes soulignent que les nombreuses campagnes de prévention des années 1960-1980 ont eu pour effet d'améliorer l'hygiène dentaire de façon significative en Suisse, en Europe ou aux États-Unis [Friedman et al., 1989] [MacLean et al., 1994] [Goldstein et al., 1998] [Menghini et al., 2002]. Depuis quarante ans environ, l'incidence de la carie est en nette diminution, ce qui a pour effet de diminuer le nombre et la complexité des traitements dans la population, en particulier auprès des jeunes adultes. En 1970, les taux de traitements observés auprès du personnel de l'armée navale américaine étaient beaucoup plus élevés que ceux observés pour le même type de personnel en 1990, année à laquelle la majorité de ce personnel avait peu ou pas de traitements avant son entrée en service [Wood et al., 1999]. Certaines études ont observé la réduction progressive et parfois spectaculaire du nombre de caries à travers le DMFS (*Diseased Missing Filled Surfaces Score*), soit le score des surfaces altérées non traitées. Ce score est passé de 7,06 à 4,77 entre 1974 et 1980 [Wood et al., 1999]. Si bien qu'il est désormais raisonnable de considérer qu'il y a beaucoup de personnes dans la population générale qui ont un dentiste traitant mais qui n'ont jamais eu besoin de traitements particuliers. [Menghini et al., 2002] ont mené une étude comparative de la santé bucco-dentaire d'adultes zurichois âgés entre 20 et 70 ans. Les données de près de 400 personnes choisies de façon aléatoire ont été examinées en 1992 puis en 1999. Entre la première et la seconde étude, la santé bucco-dentaire de la catégorie 50-79 ans a peu changé. Par contre, celle de la catégorie 20-49 ans s'est nettement améliorée, en particulier avec un recul manifeste du nombre de caries. Les auteurs expliquent cette amélioration par l'introduction des

programmes de prévention dans les écoles primaires (en Suisse dès 1966), le brosseage, l'introduction du fluor et l'utilisation élargie des pâtes dentifrices.

L'amélioration de l'hygiène dentaire a des effets sur le potentiel d'identification. Selon certains auteurs, elle pourrait même conduire le processus d'identification dentaire conventionnel à ses limites, comme cela a pu être observé lors de l'accident aérien d'Abu Dhabi en 1983 (7 victimes seulement sur 112 ont pu être identifiées par processus dentaire) [Wood et al., 1999]. C'est pourquoi certains odontologues proposent des méthodes alternatives, dont celle consistant à superposer, par imagerie numérique, des structures dentaires AM-PM [Goldstein et al., 1998], ou celle consistant à ne pas utiliser les caractéristiques anatomiques traditionnelles, mais à s'orienter vers des comparaisons des structures de la pulpe, des racines, des espaces inter-dentaires et des trabéculations de la moelle osseuse [Wood et al., 1999]. Si plusieurs auteurs notent que l'amélioration de l'hygiène dentaire est susceptible de rendre les identifications plus difficiles, ils conviennent toutefois que les données dentaires constituent toujours des données appréciables pour les besoins forensiques.

Le cas particulier des personnes totalement édentées

Les personnes dont toutes les dents ont été extraites forment un groupe particulier et problématique pour l'identification dentaire [Wood et al., 1999]. Ce groupe est constitué en majorité de personnes âgées. [Taylor, 2006] mentionne qu'en 1987-1988 c'était le cas pour 63% des Australiens âgés de plus de 74 ans. Dans l'étude zurichoise précitée, 80% des personnes de plus de 70 ans avaient des prothèses amovibles [Menghini et al., 2002]. Les auteurs relèvent que la prévention n'avait pas cours à l'époque où ces personnes vivaient leur jeunesse.

Les caractéristiques principales figurant dans un dossier dentaire concernent plutôt les dents traitées que les dents saines. Quant aux dossiers de personnes édentées, les informations sont encore plus difficiles à exploiter. Sur 200 dossiers examinés, une analyse récente a démontré qu'il n'existait des éléments pertinents d'identification dentaire que pour 18% d'entre eux [Richmond et Pretty, 2007]. Lorsque des radiographies existent (avant et/ou après extraction), leur exploitation est rendue difficile par le phénomène de résorption et d'atrophie de l'os alvéolaire⁶⁶. Ainsi, avec le temps, les caractéristiques susceptibles de constituer des points de comparaison AM-PM se modifient ou disparaissent. Pour certains édentés, la présence d'implants, avec leurs caractéristiques et leur suivi médical, peut apporter une

66 Os qui entoure et maintient la dent en place.

aide appréciable (ils n'étaient que 2,3% dans l'étude de [Richmond et Pretty, 2007]).

Pour le groupe particulier des personnes édentées, la solution préconisée est de labelliser de façon beaucoup plus systématique les prothèses amovibles non fixées (cf. sous-chapitre 6.8, Systèmes d'identification autonomes).

6.2.3. Conclusion partielle

Pour mesurer l'intra-variabilité dentaire, la solution idéale serait de disposer de données précises permettant de déterminer, en partant d'un status dentaire donné, la fréquence des personnes qui conservent ce status au fil des ans, ainsi que les fréquences de tous les status pouvant résulter d'altérations ou de traitements complémentaires. En fait, ces données ne sont pas disponibles et ce type d'évaluation n'est pas réalisable à ce jour. À l'exception des périodes caractérisées par l'éruption des dents primaires puis des dents permanentes, l'intra-variabilité dentaire est un fait établi pour lequel il n'existe pas de règles absolument fiables permettant de prédire les modifications qui peuvent survenir.

6.3. Inter-variabilité des dents

Les caractéristiques dentaires sont des données inter-variables, c'est-à-dire qu'elles diffèrent d'un individu à l'autre. Pour mesurer cette inter-variabilité, une première question se pose: que mesurer exactement ou, en d'autres termes, quelles sont les caractéristiques dentaires à retenir pour distinguer les individus entre eux. Cette question est légitime et la difficulté d'y répondre est plus grande encore pour le domaine de l'odontologie que pour les autres domaines examinés dans ce travail. Cette problématique reviendra du reste dans le sous-chapitre 6.6.3 (Validité scientifique des comparaisons AM-PM).

Dans la majorité des domaines scientifiques, pour mesurer l'inter-variabilité d'identifiants spécifiques, la nature des caractéristiques à observer (puis à saisir dans une banque de données par exemple) s'impose de façon évidente. Le « comment » constitue parfois un défi. Ainsi, en dactyloscopie, il va de soi que l'inter-variabilité s'évalue par l'exploitation de configurations de minuties ou de pores (comment transcrire ces caractéristiques dans un système informatisé est une autre question). De même, en génétique, il va de soi que l'inter-variabilité s'évalue selon

la présence ou l'absence d'allèles (les examens sont complexes, mais la transcription des résultats s'avère assez simple). Cependant, pour l'odontologue, se pose la problématique initiale de désigner les caractéristiques à saisir.

Quelles caractéristiques choisir ?

Il est possible d'examiner la façon dont les multiples caractéristiques des dents saines diffèrent d'un individu à l'autre, selon leur morphologie (formes et tailles des couronnes, formes et tailles des racines par exemple) ou selon l'âge des individus. Cette approche est adoptée en particulier par les odontologues qui examinent les traces de morsures. Dans cette optique, des spécialistes cherchent à déterminer le degré d'individualisation de la denture humaine en fonction des positions relatives des dents et de leurs formes. [Rawson et al., 1984] ont retenu 6 dents supérieures et 6 dents inférieures. Selon les particularités de positionnement de ces 12 dents exprimées à l'aide de trois variables (positions x - y dans un plan et angle de rotation par rapport à un alignement idéal), les auteurs sont arrivés au résultat que le nombre total des positions possibles pour 12 dents, compte tenu de marges d'erreur de ± 1 mm et de $\pm 5^\circ$, est de $1,36 \times 10^{26}$. Appliqué aux cas de morsures, ce résultat leur permet de considérer que la denture humaine est « unique », mais que cette unicité n'est pas révélée de façon systématique dans le matériau mordu. La même problématique a été examinée pour la denture antérieure, supérieure et inférieure, avec des techniques de géométrie morphométrique⁶⁷ [Kieser et al., 2007]. Les surfaces occlusales d'incisives et de canines sans traitement concernant 50 personnes ont été mesurées en détail après avoir été apposées sur le verre d'un scanner. Les paramètres examinés ont été la taille des dents, leur position relative, la taille et la forme de l'arche. Les résultats ont été traités avec des méthodes statistiques multivariées. Les auteurs concluent que le positionnement relatif des dents et la forme de l'arche constituent un ensemble « unique » pour chaque individu.

Ces deux recherches sont originales, mais peu convaincantes dans un processus d'identification de personnes décédées. D'une part, au niveau des référentiels dentaires, seuls les moulages seraient susceptibles de déterminer, avec la précision souhaitée, le positionnement relatif des dents et la forme des arches. D'autre part, les paramètres retenus pourraient conduire à de fausses exclusions de par leur intra-variabilité, paramètre qui n'est pas pris en compte dans ces études.

67 Selon cette approche, la forme d'un objet est définie comme toute information géométrique qui persiste lorsque la localisation, l'échelle et les effets de rotation ont été ôtés.

La réponse à la question de savoir quelles caractéristiques choisir se trouve dans le référentiel dentaire. Un dossier dentaire habituel contient, par définition, des informations sur les traitements qui ont été effectués. Pour le dentiste traitant, il n'y a aucune nécessité de noter en détail, dans un seul but descriptif, les dents saines ou les caractéristiques ne nécessitant aucune intervention. Pour cette raison, l'inter-variabilité dentaire qu'il est possible d'évaluer n'est pas celle des différences exhaustives de morphologies qui existent entre les dents de plusieurs individus, mais celle pouvant être définie à l'aide des informations présentes dans les dossiers des dentistes traitants.

Les diverses possibilités de traitements sur 32 dents permettent de concevoir une certaine diversité de status dentaires entre individus. Cette forme d'inter-variabilité est en soi plus restreinte que l'inter-variabilité dentaire réelle, mais elle est plus facile à évaluer et s'avère suffisante dans la plupart des processus d'identification.

Un dossier dentaire peut contenir des notes de traitement, des odontogrammes, des radiographies X, des photographies ou des schémas. En règle générale, l'ensemble de ces éléments est classé en deux catégories distinctes: les données non radiographiques et les données radiographiques.

6.3.1. Données non radiographiques

Few, if any, forensic odontologists would question the validity of radiographic congruence between antemortem and postmortem evidence, but less certainty is associated with situations where only dental charts or notes are available from a missing individual's health record.

[Adams, 2003a](pp.487)

Comme le suggère cette citation, les radiographies constituent le matériel le plus recherché pour entreprendre une comparaison dentaire AM-PM. Dans un processus d'identification, les odontologues ont une préférence manifeste pour les données radiographiques car ces données sont considérées comme plus pertinentes et plus objectives que les données non radiographiques. De plus, la probabilité d'erreurs humaines est plus élevée avec des notes écrites ou des schémas qu'avec des radiographies. Mais des radiographies ne sont pas toujours disponibles. C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer la pertinence des autres éléments présents dans un dossier dentaire.

[Delattre et Stimson, 1999] ont questionné des dentistes traitants du Texas ($N=86$) sur le potentiel discriminant des données dentaires non radiographiques à des fins d'identification. À la question de savoir si les données écrites relatives à leurs patients pouvaient s'avérer pertinentes pour les identifier, la moitié seulement des dentistes ont répondu par l'affirmative. Les auteurs sont pourtant d'avis qu'une description précise des caractéristiques dentaires peut s'avérer très utile pour une identification, y compris pour des patients sans traitement particulier (description des dents en légère rotation, description et localisation des sillons, des fosses et des cuspidés⁶⁸ des faces occlusales par exemple).

En règle générale, lorsqu'il n'existe que des données dentaires non radiographiques, la valeur d'une correspondance entre des données AM et PM s'établit selon l'opinion subjective du spécialiste, généralement dérivée de son expérience clinique [Adams, 2003a]. C'est l'approche intuitive à laquelle s'oppose l'approche considérant qu'un nombre minimum de points de concordance est nécessaire pour parvenir à une identification⁶⁹. Avec des données dentaires radiographiques, ce nombre de points n'a jamais été fixé avec unanimité (cf. sous-chapitre 6.6.2, Procédure de comparaison – données radiographiques). Pour les données non radiographiques, le problème est encore plus complexe. Quoi qu'il en soit, il ne serait pas approprié d'appliquer un standard uniforme aux données radiographiques et non radiographiques [Adams, 2003a]. Deux individus n'ayant pas les mêmes caractéristiques dentaires, au niveau d'infimes détails, peuvent présenter des dossiers dentaires non radiographiques comparables. Alors qu'une seule radiographie peut les distinguer.

La plupart des traitements dentaires sont courants. En conséquence, les informations écrites qu'ils engendrent sont très peu sélectives. Lorsqu'il est considéré pour une dent en particulier, le pouvoir discriminant de ces informations est faible. Par contre, le fait que les traitements puissent toucher plusieurs dents de façon combinée devient un élément d'analyse combinatoire intéressant. Avant de pouvoir s'appuyer sur des banques de données de grande envergure, c'est sur ce principe que les premières tentatives de détermination d'inter-variabilité dentaire ont été menées.

68 Cuspidés: éminences en forme de petites bosses. Les premières molaires supérieures ont généralement une cuspide située sur la face du côté du palais. Cette cuspide est appelée « cuspide de Carabelli » ou « tubercule de Carabelli ».

69 Cette dernière approche résulte d'une analogie avec la dactyloscopie, analogie qui peut surprendre. En effet, si la détermination d'un nombre minimum de points de concordance résulte, en dactyloscopie, d'une estimation statistique connue, elle ne résulte d'aucun développement mathématique en odontologie.

Analyse combinatoire

Dans les années 1970, certains odontologues, dont Sognaes et Keiser-Nielsen [Keiser-Nielsen, 1977], ont cherché à exprimer mathématiquement les différentes combinaisons possibles qui pouvaient être engendrées, dans une mâchoire humaine de 32 dents, par quelques caractéristiques dentaires basiques et fréquentes, soit:

- ◆ les dents traitées (sans détail sur la nature exacte du traitement),
- ◆ les dents non traitées (saines),
- ◆ et les dents manquantes.

En fonction du nombre de dents manquantes (X) et du nombre total de dents (M), la formule (6.2) indique le nombre de combinaisons possibles (K):

$$K_{M,X} = \frac{M}{1} \cdot \frac{M-1}{2} \cdot \frac{M-2}{3} \cdot \dots \cdot \frac{M-(X-1)}{X}. \tag{6.2}$$

Si, parmi les dents restantes, certaines étaient traitées, un calcul comparable était réalisé pour déterminer le nombre de nouvelles combinaisons possibles. Puis, les informations étant considérées comme indépendantes, les valeurs étaient multipliées pour déterminer le nombre de combinaisons possibles en fonction du nombre de dents traitées parmi les dents restantes. Exemple: pour 4 dents manquantes ($K_{32,4}$) et 4 dents traitées sur les 28 restantes ($K_{28,4}$), le nombre total de combinaisons possibles est de:

$$K_{32,4} \cdot K_{28,4} = \left(\frac{32}{1} \cdot \frac{31}{2} \cdot \frac{30}{3} \cdot \frac{29}{4} \right) \cdot \left(\frac{28}{1} \cdot \frac{27}{2} \cdot \frac{26}{3} \cdot \frac{25}{4} \right) = 736'281'000. \tag{6.3}$$

Ainsi, avec des données PM constituées de 4 dents manquantes et de 4 dents traitées sur les 28 restantes, il y a une combinaison AM qui permet une correspondance pour 736'280'999 combinaisons conduisant à l'exclusion.

En terme d'analyse combinatoire, ces calculs sont corrects, mais leur application dans le domaine de l'odontologie forensique n'a pas fait l'unanimité [MacLean et al., 1994] [Lorton et Langley, 1986a] [Adams, 2003b] [Kieser et al., 2007]. Les reproches ont visé un présupposé d'indépendance incorrect et des combinaisons injustement considérées comme équiprobables. Le présupposé d'indépendance ne se justifie pas quant à la localisation et quant aux types de traitements réalisés. La morphologie dentaire est telle que les molaires, de par leur surface (plus grande) et de par leur emplacement (plus difficile d'accès lors du brossage) sont davantage susceptibles de se détériorer que les canines ou les incisives. Ce qui rend chaque combinaison théoriquement possible, mais avec des fréquences d'apparition di-

verses, certaines étant courantes (avoir des traitements sur les molaires, par exemple), d'autres extrêmement rares.

Il est intéressant de mentionner qu'un présupposé d'indépendance ne s'applique pas non plus à certaines caractéristiques morphologiques naturelles, hors traitement. Ainsi, la rotation d'une incisive centrale augmente la probabilité que l'incisive centrale adjacente subisse une rotation symétrique [MacFarlane et al., 1974] [Kieser et al., 2007].

Même si ce type d'approche par analyse combinatoire n'a pas été le plus approprié, il a eu le mérite de conduire les odontologues sur le terrain du calcul des fréquences et d'amorcer des réflexions intéressantes à ce sujet.

Constitution de banques de données

Les estimations par analyse combinatoire n'étant pas satisfaisantes pour déterminer la diversité des informations dentaires non radiographiques, la nécessité de constituer des banques de données est apparue. Diverses évaluations établirent qu'il n'était pas nécessaire de décrire chaque dent mais que l'approche adoptée par Keiser-Nielsen ne considérant que quelques caractéristiques élémentaires était tout à fait suffisante pour rendre une banque de données sélective [Cohen et al., 1983]. Pour chaque caractéristique retenue, le plus important semblait être la prise de décision: assurer des réponses claires et objectives, permettant un processus de décision logique, facile à appliquer pour tous les cas comparables. L'exigence d'éviter des variations d'évaluations ou d'opinions permettait de diminuer les sources d'erreur entre informations de provenances différentes (par exemple information saisie par le dentiste traitant au niveau AM et celle observée par l'odontologue au niveau PM). En effet, plus les données sont complexes, sujettes à des jugements subjectifs, plus les risques de saisies différenciées augmentent. Des observations élémentaires offrent davantage d'objectivité et, en conséquence, simplifient le processus de saisie informatique. Les premiers systèmes informatiques ont ainsi retenu la distinction entre dents traitées, non traitées et manquantes. Chaque dent ayant 5 faces visibles, plusieurs systèmes ont pris en compte cette distinction spatiale pour chaque dent, ce qui donnait théoriquement 160 zones d'observation possibles pour 32 dents [Lorton et Langley, 1986a].

Dès les années 1970, l'ère informatique permit de concevoir des systèmes d'enregistrements. Il restait cependant à résoudre la problématique d'une conversion des données dentaires dans un format adéquat et le plus universel possible [McMeekin, 1980]. À noter que cette difficulté persiste toujours pour des raisons de priorité (il

n'y a pas de nécessité de standardiser des données médicales dans le but d'anticiper leur utilisation à des fins d'identification [Lorton et Langley, 1986a]), de coûts, de confidentialité et de diversité dans la façon, pour chaque dentiste traitant, de constituer ses dossiers dentaires. En Suisse, par exemple, il n'existe à ce jour aucune banque de données permettant d'analyser, au niveau national, des informations comme la fréquence des dents manquantes ou traitées.

Les militaires constituant un groupe à risques pour lequel des moyens d'identification doivent être soigneusement conservés, il n'est pas étonnant que ce soit des odontologues travaillant dans le secteur militaire qui aient mis au point un des premiers systèmes d'enregistrement. Les soldats présentent aussi des possibilités de recensement facilité par rapport à la population civile. De plus, ils permettent des observations de traitements provenant de multiples dentistes traitants. Ce dernier point est important car la banque de données qu'un dentiste traitant peut constituer dans son cabinet restera toujours influencée par sa spécialisation et son type de clientèle. Ainsi, dans les années 1980, des chercheurs ont utilisé le système militaire CAPMI pour rassembler les données de 7'030 soldats américains [Lorton et Langley, 1986b] [Friedman et al., 1989]. Les données des sujets, âgés de 17 à 49 ans, ont été introduites dans la banque de données (dents saines, dents traitées, dents manquantes). Le but de la recherche était de tester l'utilité des données dentaires non radiographiques pour sélectionner une personne portée disparue censée être présente dans la banque. Les auteurs ont constaté que 75% des sujets avaient quatre caractéristiques et plus, 9% n'avaient que des dents non traitées et 3,6% n'avaient qu'une seule caractéristique. Ils sont arrivés à la conclusion que les traitements dentaires non radiographiques étaient suffisamment diversifiés pour être utiles dans un processus de sélection. 80% de toutes les comparaisons réalisées avec deux caractéristiques ou plus donnaient des réponses correctes quant à la personne désignée.

De 1988 à 2004, une première banque de données de très grande envergure a été constituée aux États-Unis dans le cadre du « *Third National Health and Nutrition Examination Survey* » (NHANES III). Les données dentaires de 31'311 civils américains âgés de 2 mois à plus de 90 ans ont été rassemblées et mises à disposition sur le web⁷⁰. Une partie de ces données ($N=18'533$) est considérée comme une référence de la population civile américaine entre 1988 et 2004 (cf. table 6.1).

70 <http://www.cdc.gov/nchs/about/major/nhanes/datalink.htm> (dernière consultation le 22.04.2009).

Table 6.1 - Taille et distribution démographique de la banque NHANES III (N=18'533).
Source: <http://www.jpac.pacom.mil> (dernière consultation le 09.05.2009).

AGES	BLANCS		NOIRS		AUTRES	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
17-19	609	675	562	543	503	517
20-24	705	844	360	458	236	314
25-29	699	831	315	386	216	236
30-34	649	830	328	428	181	220
35-39	579	721	310	398	176	193
40-50	1'217	1'272	606	688	347	381
Totaux	4'458	5'173	2'481	2'901	1'659	1'861

De 1994 à 2000, une deuxième banque de données de très grande envergure a été constituée, toujours aux États-Unis. Aussi disponible sur le web⁷¹, elle est issue d'une phase du « *Tri-Service Comprehensive Oral Health Survey* » (TSCOHS). Les données concernent 19'422 personnes de l'armée américaine et la banque est considérée comme une référence de la population militaire américaine entre 1994 et 2000 (cf. table 6.2).

Table 6.2 - Taille et distribution démographique de la banque TSCOHS (N=19'422).
Source: <http://www.jpac.pacom.mil> (dernière consultation le 09.05.2009).

AGES	BLANCS		NOIRS		AUTRES	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
17-19	2'116	474	521	192	468	119
20-24	3'652	673	980	281	642	123
25-29	2'137	331	562	133	294	43
30-34	1'736	171	416	85	218	18
35-39	1'230	143	297	42	135	11
40-61	799	77	154	26	112	11
Totaux	11'670	1'869	2'930	759	1'869	325

Exploitation des banques de données

Au début des années 2000, en réalisant des comparaisons empiriques, Adams s'est penché sur la diversité des caractéristiques dentaires qu'il était possible d'observer grâce à ces deux banques de données, NHANES III et TSCOHS [Adams, 2003a] [Adams, 2003b]. De la première, il a extrait 9'730 personnes âgées de 17 à

71 <http://www.usuhs.mil/tsochs> (dernière consultation le 22.04.2009).

50 ans, ceci dans le but de ne travailler qu'avec des informations concernant les adultes. Ajoutée à la banque TSCOHS, cette sélection permettait d'atteindre un total de 29'152 sujets. L'auteur a cherché combien de fois un certain status dentaire défini avec 28 dents était présent (les données n'étant pas complètes pour les 3^{ème} molaires, ces quatre dents ont été exclues).

Afin d'évaluer l'importance du degré de description des traitements dentaires, deux formats de saisie ont été utilisés pour chaque personne, en se référant à la nomenclature universelle. Le premier, appelé format « détaillé », consistait à retranscrire les traitements observés de façon précise en notant les localisations spécifiques des traitements selon les cinq faces (M, D, F, L et O). Le second, appelé format « générique », ne tenait pas compte des faces et mentionnait simplement les dents comme traitées, saines ou manquantes. Les dents dégradées mais non traitées étaient considérées comme saines. Un programme informatique approprié a comparé tous les status dentaires entre eux (comparaison en paires, soit chaque personne contre chacune des autres), dans un format puis dans l'autre, calculant le nombre de correspondances possibles. Il a ainsi été possible de calculer la diversité des informations dentaires et la probabilité de correspondance fortuite.

Deux différentes évaluations ont été faites pour exprimer les valeurs de diversité. La première, appelée diversité totale, était une valeur calculée sur la totalité des individus ($N = 29'152$). La seconde évaluation, appelée diversité conditionnelle, a été calculée en excluant les personnes totalement édentées (0,56% des sujets) et celles sans traitement (12,77%). Au sujet de cette dernière catégorie, Adams relève qu'avec un corps présentant des dents parfaites, un pourcentage substantiel de la population peut être exclu, ce qui fournit une information utile. Les résultats ont montré que les combinaisons étaient majoritairement peu fréquentes. 99% des sujets présentaient des données différenciables. Les valeurs de diversité totale étaient plus grandes ou égales à 0,98 (probabilité d'une correspondance par hasard généralement inférieure à 2%) et les valeurs de diversité conditionnelle étaient toujours supérieures à 0,998. Ces valeurs sont élevées, mais il faut garder à l'esprit qu'elles s'appliquent pour des status incluant les données de 28 dents pour chaque sujet⁷².

Constatation très intéressante, Adams a observé que les résultats différaient très peu selon les formats. Par contre, si le status dentaire recherché (établi avec le matériel PM par exemple) ne contient que peu d'éléments, les informations détaillées

72 Comme de prochains exemples le montreront, les valeurs sont beaucoup moins sélectives si les données ne concernent que quelques dents (ce qui peut être le cas lorsque du matériel PM partiel est découvert).

prennent toute leur importance. Subsidairement, au niveau pratique, ce qui distingue les deux formats est le risque d'erreur. Avec le format détaillé, ce risque est plus élevé. Un traitement ayant nécessité une extension peut être noté comme traitement d'une des deux faces adjacentes à celle traitée. Ce risque d'erreur diminue en indiquant simplement que la dent est traitée.

Adams fait un parallèle original entre les données dentaires non radiographiques et l'ADN mitochondrial (ADNmt). Selon lui, avec les caractéristiques dentaires non radiographiques comme avec l'ADNmt, des correspondances fortuites peuvent se produire entre deux individus pris au hasard dans la population. C'est pourquoi il faut évaluer les caractéristiques dentaires et les séquences d'ADNmt avec leurs fréquences respectives dans la population [Adams, 2003b]. La famille de référence pour l'ADNmt peut être comparée, par analogie, avec les informations AM du dossier dentaire (problèmes de localisation). Les problèmes dus à l'intra-variabilité dentaire peuvent être comparés à ceux des mutations pour l'ADNmt (différences non exclusives). Cette comparaison se poursuit pour les valeurs de diversité. Selon les études réalisées, les valeurs obtenues pour la diversité de l'ADNmt varient entre 0,9963 ([Holland et Parsons, 1999]) et 0,998 ([Melton et al., 2001]), ce qui est comparable aux valeurs obtenues par Adams. En conclusion, la sélectivité des caractéristiques dentaires non radiographiques est d'un niveau très comparable à celle des séquences d'ADNmt.

Les banques de données NHANES III et TSCOHS peuvent être utilisées pour évaluer des fréquences avec l'interface de recherche OdontoSearch, interface développée et mise à disposition sur le web⁷³ par le *Central Identification Laboratory* d'Honolulu, à Hawaï (CILHI), laboratoire de l'armée de terre des États-Unis. Les recherches peuvent s'effectuer au format générique, avec trois descriptifs possibles⁷⁴, ou au format détaillé, avec sept descriptifs possibles dont cinq concernent la localisation des traitements (cf. table 6.3).

Un masque de recherche permet d'introduire les codes au format générique ou détaillé. La désignation des dents et la localisation des traitements se font selon la nomenclature universelle. À noter que les 3^{ème} molaires (1, 16, 17 et 32) ne sont pas prises en considération car les informations de ces quatre dents n'ont pas été

73 <http://www.jpac.pacom.mil/> (dernière consultation le 22.04.2009).

74 Jusqu'au 01.01.2008, OdontoSearch permettait quatre distinctions : les dents saines, traitées, extraites et celles remplacées par des prothèses. Dès cette date, le dernier descriptif a été supprimé, probablement parce qu'il n'était pas indiqué de façon systématique dans les deux banques de données en question.

saisies pour tous les sujets. Cette interface permet d'effectuer des recherches dans plusieurs banques à choix:

- ◆ échantillonnage civil ($N = 18'533$, années 1988-2004)
- ◆ échantillonnage militaire ($N = 19'422$, années 1994-2000) ou
- ◆ échantillonnage mixte ($N = 37'955$, années 1988-2004).

Table 6.3 - Codes utilisés avec l'interface de recherche OdontoSearch.

	Format générique	Format détaillé
Dent saine ou non traitée	V	V
Dent traitée	R	Combinaison des lettres M - O - D - F - L
Dent extraite	X	X

Les résultats d'une recherche donnée sont indiqués sous forme de pourcentages:

$$\frac{X+1}{N+1} \cdot 100, \tag{6.4}$$

où X représente le nombre d'enregistrements qui correspondent au status dentaire introduit et N la taille de la banque choisie. Si les critères de recherche ne correspondent à aucun status enregistré dans la banque, la valeur est donc $(N+1)^{-1} \cdot 100$.

L'accès aux banques de données NHANES III et TSCOHS à l'aide d'OdontoSearch permet de vérifier, par exemple, que la probabilité de traitements varie selon la position des dents [Gremaud, 2008]. Pour chaque dent prise isolément (sans prendre en compte la fréquence des combinaisons possibles avec d'autres dents), la figure 6.3 illustre les pourcentages de traitements obtenus en se référant à l'ensemble des deux banques précitées ($N = 37'955$). Les dents arrière (2-3, 14-15, 18-19 et 30-31) présentent des taux plus élevés que les dents centrales.

La figure 6.4 illustre une recherche comparable indiquant les taux d'extraction ($N = 37'955$). Les pourcentages, plus faibles que ceux du graphique précédent, diffèrent toujours selon la position des dents. Les dents 5, 12, 19 et 30 ont les taux d'extraction les plus élevés. À ce sujet, il convient de mentionner que l'extraction de ces dents a longtemps été privilégiée pour corriger des problèmes d'orthodontie. Les extraire libérait de la place pour les autres dents. Depuis vingt ans environ, les problèmes d'orthodontie sont appréhendés d'autres façons, de telle sorte que ces taux d'extraction diminuent désormais.

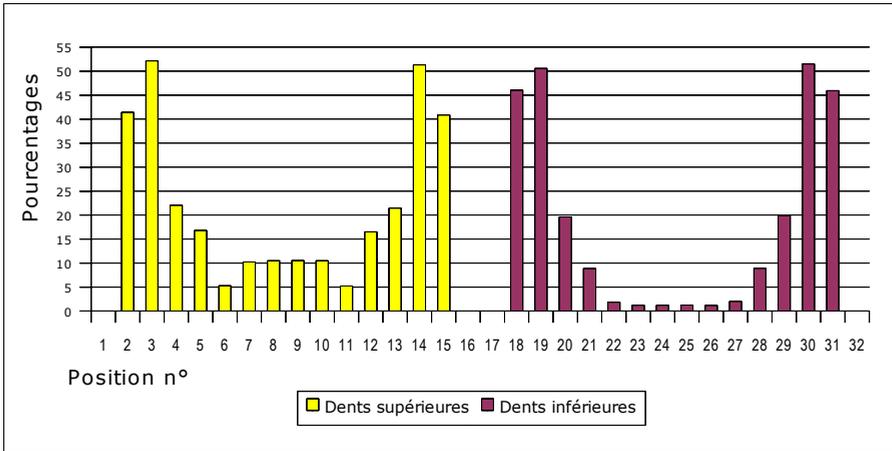


Fig. 6.3 - Taux de traitements pour chaque dent selon sa position. Source: NHANES III et TSCOHS, format générique.

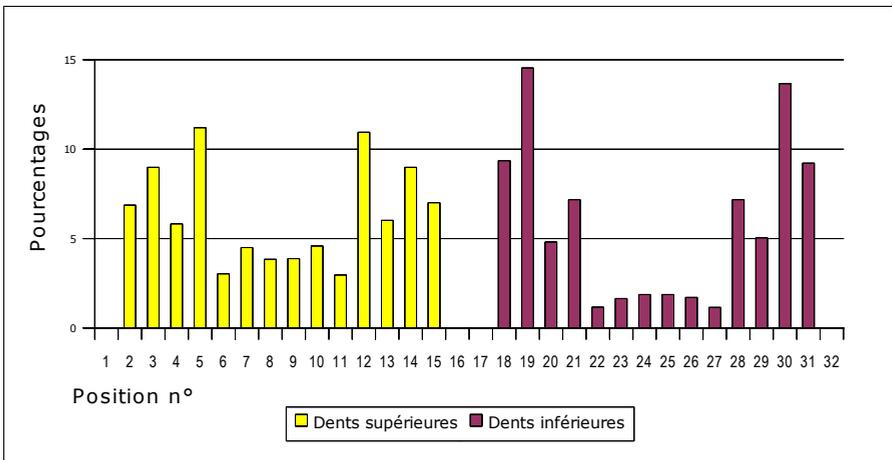


Fig. 6.4 - Taux d'extraction pour chaque dent selon sa position. Source: NHANES III et TSCOHS, format générique.

Que ce soit pour les traitements (cf. figures 6.3) ou les extractions (cf. figure 6.4), deux symétries distinctes sont mises en évidence sur ces graphiques. La première apparaît entre les dents gauches et droites. Les valeurs sont très proches au sein des paires suivantes: 2–15, 7–8, 18–31, 24–25. La seconde concerne les dents supérieures et inférieures. Les valeurs sont moins proches, mais restent dans des proportions comparables: 2–18, 8–24, 9–25, 15–31. Ces résultats révèlent l'influence de la symétrie dans les particularités dentaires. Comme indiqué par [MacLean et al., 1994] et [Kieser et al., 2007], des caractéristiques morphologiques naturelles peuvent survenir de façon symétrique (avancement ou rotation des inci-

nécessairement une individualisation, ou une « singularisation », accrue [Gremaud, 2008].

Table 6.5 - Exemple de deux status dentaires pouvant se succéder avec des fréquences en augmentation (format générique). En couleur ocre: les informations ayant changé.

OdontoSearch Results Page Data source selected Combined Data (1988-2004)																														
Tooth code values:																														3 / 37955 = 0.0105%
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	R	R	R	R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		
OdontoSearch Results Page Data source selected Combined Data (1988-2004)																														
Tooth code values:																														897 / 37955 = 2.3659%
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
R	R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	R	R	R	R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	R	R			

Table 6.6 - Exemple de deux status dentaires pouvant se succéder avec des fréquences en augmentation (format détaillé). En couleur ocre: les informations ayant changé.

OdontoSearch Results Page Data source selected Combined Data (1988-2004)																														
Tooth code values:																														1 / 37955 = 0.0053%
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	OF	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V			
OdontoSearch Results Page Data source selected Combined Data (1988-2004)																														
Tooth code values:																														71 / 37955 = 0.1897%
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
V	OL	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	OL	V	V	OF	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	OF	V			

6.3.2. Données radiographiques

En 1895, lorsque Wilhelm Conrad Röntgen travaille sur l'électromagnétisme, il découvre les effets de certains rayons capables de traverser la matière. Des clichés photographiques attestent de ces effets et permettent, par exemple, de reproduire la structure osseuse d'une main lorsque celle-ci est soumise à ces rayons. Ne connaissant par la nature exacte de ces rayons, Röntgen les baptise « rayons X ». Cette découverte, qui vaudra à son auteur le prix Nobel de physique (1901), se répand très vite dans plusieurs domaines d'activité, dont la médecine. Quelques jours après sa publication, cette technique est appliquée par un dentiste allemand, Otto Walkoff, qui expose sa propre bouche durant 25 minutes aux rayons et réalise ainsi la pre-

mière radiographie dentaire [Van Der Stelt, 2005]. L'année suivante, en 1896, cette technique est appliquée en police scientifique dans un cas d'homicide pour démontrer la présence de projectiles à l'intérieur de la tête de la victime. En 1921, elle est proposée à des fins d'identification par Schuller [Marlin et al., 1991] [Goldstein et al., 1998] [Wood, 2006]. Au début des années 1950, la justice initie un processus de validation de ce moyen de preuve [MacLean et al., 1994].

Les radiographies dentaires sont de quatre types principaux:

- ◆ Les radiographies **rétro-coronaires** (en anglais « *bite-wings, BW* » car le patient est invité à « mordre » le support film pour le garder bien en place) représentent la partie visible de la dent, c'est-à-dire la couronne avec une partie de la racine et le sommet de la crête alvéolaire. Elles montrent les dents des segments latéraux avec leurs points de contact. Ce sont les radiographies dentaires les plus courantes (cf. figure 6.5).

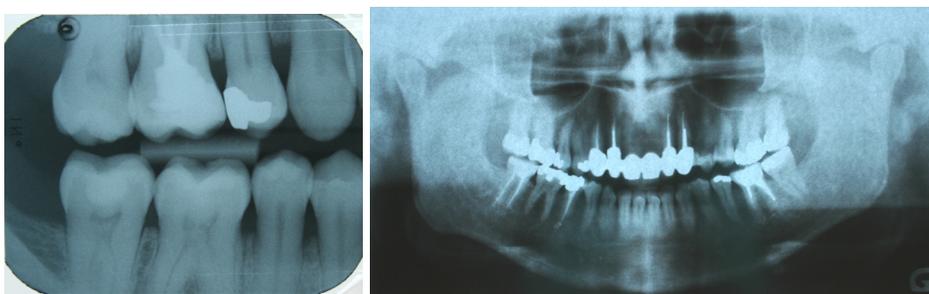


Fig. 6.5 - À gauche: exemple d'une radiographie rétro-coronaire (*BW*). À droite: exemple d'une radiographie panoramique (les données administratives ont été masquées).

- ◆ Les radiographies **périapicales** ou **rétro-alvéolaires** représentent une zone complète d'une à trois dents, parties visibles, l'intégralité des racines et contextes osseux environnants.
- ◆ Les radiographies **occlusales**, moins usitées, représentent toute la zone de morsure inférieure ou supérieure. L'incidence de prise est perpendiculaire aux faces occlusales pour permettre une vision plongeante de ces faces.
- ◆ Les radiographies **panoramiques** ou **orthopantomogrammes** représentent les arcades dentaires, les maxillaires, les parties inférieures des fosses nasales, les sinus maxillaires et les articulations temporo-mandibulaires. Le film livre des informations sur toutes les dents et les structures osseuses périphériques (cf. figure 6.5).

Depuis le début des années 1980, diverses techniques ont fait leur apparition pour substituer aux images de radiographies traditionnelles des images numériques [Tsang et al., 1999] [Parks et Williamson, 2002] [Avon, 2004] [Van Der Stelt, 2005] [Thali et al., 2006] [Pfaeffli et al., 2007] [Jackowski et al., 2008]. En plus de la conversion d'anciennes radiographies X en images numériques (avec un scanner par exemple), il existe deux catégories principales de radiographies numériques: les radiographies numériques directes et indirectes.

- ◆ Radiographies numériques **directes**. Il s'agit d'une technique d'acquisition avec un générateur de rayons X, un capteur électronique ainsi qu'un ordinateur muni de l'équipement approprié. Le capteur peut fonctionner soit avec un dispositif de transfert de charges (CCD, *Charge-Coupled Device*), soit être de type capteur métal-oxyde-semi-conducteur (CMOS, *Complementary Metal Oxide Semiconductor*). La différence des deux techniques réside dans le fait qu'avec le capteur CMOS, les composants électroniques sont incorporés dans des puces, ce qui rend les appareils plus compacts et réduit leurs coûts.
- ◆ Radiographies **indirectes**. Il s'agit d'une technique d'acquisition avec des plaques au phosphore photostimulables (PSP). L'image est capturée sur une plaque au phosphore, en données analogiques, puis convertie en format numérique lorsque la plaque est traitée. Son principal avantage est l'absence de câble, d'où une plus grande facilité de positionnement du capteur.

Ces deux types de radiographies sont numériques. Le nombre de dentistes traitants qui travaillent avec des images numériques est chaque année en augmentation. Ces nouveaux systèmes offrent divers avantages: images de bonne qualité, diminution des doses d'exposition aux rayons X pour le patient (soit environ 59% contre 77% avec la technique traditionnelle), réduction du temps d'exposition, élimination des produits chimiques pour le développement, productions et affichages d'images presque instantanées, possibilité d'améliorer les images (contraste, luminosité), facilité de transmission ou de stockage. Il est aussi possible d'intégrer des algorithmes pour des corrections automatiques ou des reconstructions en trois dimensions par exemple. Les images numériques rendent plus aisées les mesures et les superpositions d'images, à condition que les échelles et les angles de prises de vue soient les mêmes. Par contre, toutes ces possibilités posent la question de la sécurité [Avon, 2004]. À ce sujet, les dentistes traitants sont encouragés à toujours conserver les images originales. Quant aux transferts d'images, il a été constaté que les fabricants mettaient sur le marché des logiciels propriétaires dont les types de fichiers n'étaient pas toujours compatibles avec ceux d'autres fabricants. C'est pour-

quoi une norme a été désignée pour réglementer les formats d'images médicales: la norme DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

Désormais, ces nouvelles techniques sont aussi utilisées au niveau PM. Plusieurs instituts de médecine légale explorent les différentes possibilités offertes par le procédé « *virtopsy* », soit l'autopsie virtuelle, technique qui combine l'imagerie par résonance magnétique et le scanner. Comme indiqué dans le sous-chapitre 4.4.1 (Données médicales), ces techniques ont de nombreux avantages: elles sont rapides, non invasives, s'appliquent *in situ* (ce qui diminue les risques de dommages causés par les manipulations des corps) et permettent de constituer une documentation PM très dense. Pour le travail sur le terrain, des appareils de radiographie compacts et légers ont été mis au point.

Dans le processus d'identification dentaire en particulier, l'Institut de médecine légale de Berne s'est distingué ces dernières années en évaluant la tomographie calculée par ordinateur (CT). Cette technique permet de reconstituer des images comparables aux radiographies AM traditionnelles, quel que soit leur type [Thali et al., 2006]. La transformation des images CT en radiographies panoramiques est aussi possible et constitue une opération surprenante. Dans un premier temps, sur les images CT enregistrées, l'opérateur fixe un plan parallèle aux surfaces oclusales des dents. Il place ensuite des points sur chaque dent, points que le programme relie par une courbe qu'il redresse, ce qui permet de présenter une image comparable à celle d'une radiographie panoramique. En cas de catastrophe, la tomographie calculée par ordinateur est très appréciable car les données AM ne sont généralement pas disponibles au moment où les odontologues procèdent aux relevés PM. La technique permet de saisir un maximum d'informations dentaires PM en 1-2 minutes [Jackowski et al., 2006a]. Par la suite, lorsque les données AM sont disponibles, l'odontologue peut sélectionner de façon précise la vue PM la plus proche possible de celle figurant sur le cliché AM, ce qui améliore les conditions de comparaison. Cet aspect est le principal avantage de la tomographie CT. Par contre, une limitation de la technique est celle d'artefacts causés par des matériaux métalliques présents sur des dents traitées. À ce sujet, [Jackowski et al., 2006b] [Jackowski et al., 2008] sont partis du constat que le processus d'identification dentaire n'exploitait pas seulement la localisation, la forme et la taille des restaurations, mais aussi la nature des matériaux utilisés. Avec différents matériaux tels que des amalgames composites, de l'or, du plomb, des céramiques et des pansements temporaires, ils ont appliqué un algorithme permettant de visualiser chaque type de matériau avec une couleur différente selon son degré d'opacité radiographique. Cette approche leur a permis de discriminer les matériaux sur les images CT et de réduire les effets d'artefacts.

En matière de médecine dentaire, les informations radiologiques se trouvent sur un cliché physique ou numérique, ce qui confère à ce moyen de preuve une objectivité supérieure à celle des données écrites ou descriptives [Goldstein et al., 1998] [Wood et al., 1999] [Avon, 2004] [Wood, 2006]. Les radiographies réalisées avec des rayons X (ci-après désignées par le terme radiographies) permettent d'observer des détails de l'anatomie, notamment:

- ◆ la taille, la forme et les positionnements relatifs des dents,
- ◆ la taille, la forme et les positionnements relatifs des os,
- ◆ la taille et la forme de la pulpe dentaire,
- ◆ la position et le profil des os alvéolaires,
- ◆ les caractéristiques des racines,
- ◆ ou encore le positionnement de dents qui sont encore sous-cutanées.

Elles permettent, par exemple, d'observer les zones sclérosées, de vérifier la présence de caries et d'observer les caractéristiques produites par des traitements, caractéristiques qui révèlent le plus souvent un potentiel d'individualisation élevé [Kogon et MacLean, 1996].

Deux phénomènes viennent compliquer l'exploitation des caractéristiques dentaires issues de radiographies depuis une trentaine d'années. Tout d'abord, comme indiqué au sous-chapitre 6.2.2. (Intra-variabilité accidentelle), l'hygiène dentaire s'améliore, en particulier en Europe et aux États-Unis. Ceci a pour effet de limiter le nombre de caries, donc le nombre de traitements. Et la diminution du nombre de traitements a pour effet de faire décroître la probabilité que des radiographies dentaires aient été réalisées [Kogon et al., 1974]. Ce phénomène affecte le processus d'identification car les odontologues reconnaissent qu'il est plus aisé de comparer des radiographies révélant des traitements que des radiographies de dents saines [Sweet et al., 1999]. Dans le même ordre d'idée, entre des patients avec et sans traitement, il a été démontré que les taux d'erreur des comparaisons AM-PM sont plus élevés chez les patients sans traitement [Goldstein et al., 1998]. Le second phénomène est l'apparition de nouveaux matériaux composites (résines, ciments au verre ionomère par exemple), matériaux certes moins toxiques que le mercure, mais moins facilement détectables sur les radiographies (contrastes plus faibles sur les clichés). Dès lors, la diminution du nombre de traitements s'accompagne d'une diminution de l'utilisation de matériaux métalliques faciles à détecter en radiographie [MacLean et al., 1994] [Brannon et Kessler, 1999] [Wood et al., 1999] [Nassar et Ammar, 2003] [Jackowski et al., 2006b].

Constitution de banques de données

S'agissant d'images, les radiographies dentaires ne se prêtent pas à la constitution de banques de données du type de celles décrites pour les données dentaires non radiographiques. Les nombreuses caractéristiques individuelles qu'elles révèlent, morphologiques et pathologiques, sont difficiles à standardiser et à encoder. À ce jour, il n'existe que des banques de données expérimentales.

Aux États-Unis, le Centre national d'informations criminelles (*National Crime Information Center* – NCIC) comptabilise plus de 100'000 dossiers de personnes portées disparues et de personnes décédées non identifiées (*Missing and Unidentified Persons*- MUP). Le groupe chargé de travailler sur ces dossiers, le DTF (*Dental Task Force*), a conçu et développé un système automatisé d'identification dentaire ADIS [Nassar et Ammar, 2003]. Ce système vise à remplir des objectifs comparables à ceux du système AFIS, mais en comparant des radiographies dentaires. Le prototype de ce système utilise des techniques combinées d'imagerie digitale et de réseaux artificiels de neurones. Chaque radiographie dentaire est saisie dans le système avec des données complémentaires telles que le sexe, l'âge, la race ou le nombre de dents. Les auteurs n'indiquent pas la taille de la banque de données.

Sur un plan informatique, le problème revient à classer et à enregistrer des images. Si la radiographie contient plusieurs dents, le système de saisie doit aussi détecter chaque dent de façon spécifique. Et une des difficultés de cette tâche réside dans les faibles variations de formes qui existent pour des dents de même type (les molaires ont toutes des formes générales assez proches) [Jain et al., 2003]. Ces auteurs ont créé une banque expérimentale de données radiographiques. Dans un premier temps, pour chaque dent examinée, ils ont saisi sa position relative (ce qui définissait sa nature exacte: première prémolaire supérieure gauche par exemple). En fonction d'images radiographiques, ils ont ensuite cherché à extraire les formes des dents. Cette tâche impliquait de résoudre le problème de différence de qualité qui apparaît sur toutes les radiographies dentaires: la partie visible des dents (la couronne) se détache toujours mieux que la partie non visible (la racine). Ce qui a conduit les auteurs à mettre au point deux systèmes d'extraction, l'un pour la partie visible, l'autre pour la partie non visible. Puis le contour de chaque partie de dents a été modélisé selon la densité des points perçus par un logiciel de traitement d'images. 130 images ont ainsi été constituées.

L'approche proposée par [Nazmy et al., 2005] est très semblable. Pour chaque dent figurant sur une radiographie dentaire, des algorithmes morphologiques définissent le contour de la dent et calculent ses dimensions. Les formes de dents sont

extraites et traitées par un modèle inspiré de la neuro-physiologie PCNN⁷⁵. La banque de données expérimentale constituée selon cette approche contient 200 images.

6.3.3. Conclusion partielle

Ce sont les données résultant de traitements et disponibles dans les dossiers de dentistes traitants qui permettent d'estimer l'inter-variabilité dentaire. Cette inter-variabilité s'évalue de façon différente selon qu'il s'agit de données radiographiques ou non radiographiques.

Données non radiographiques.

Dès les années 1980, la constitution de banques de données non radiographiques a permis, d'une part, de prouver que l'approche par analyse combinatoire n'était pas correcte et, d'autre part, de déterminer des fréquences. L'exploitation de grandes banques de données a apporté la preuve que des informations élémentaires peu nombreuses (dents saines, traitées ou manquantes) concernant 28 dents étaient suffisantes pour parvenir à un pouvoir discriminant comparable à celui de l'ADNmt. Ces informations élémentaires évitent des sources d'erreur résultant d'appréciations différentes entre le dentiste traitant et l'odontologue. De façon subsidiaire, elles facilitent la standardisation des saisies dans des processus informatisés.

L'exploitation des banques de données non radiographiques permet de démontrer que l'augmentation du nombre de traitements sur un individu n'implique pas nécessairement une « singularisation » accrue.

Données radiographiques.

Au sujet des données radiographiques, l'inter-variabilité est un fait acquis, mais sa mesure est rendue difficile par la complexité à encoder des caractéristiques présentes sur des images. Seules des banques de données expérimentales existent à ce jour.

75 PCNN: *Pulse Coupled Neural Network*.

6.4. Modifications PM

Comme indiqué au début du chapitre 6, les dents sont constituées d'un tissu dur qui leur confère une résistance particulière dans la plupart des circonstances traumatiques ou de décomposition. [Whittaker et Rawle, 1987] ont examiné les effets des conditions de putréfaction sur les dents humaines et animales. Les auteurs visaient à déterminer, par extraction d'antigènes, les limites au-delà desquelles il devenait impossible d'établir s'il s'agissait de dents humaines ou animales. 12 dents humaines et 8 dents de rats ont servi aux expériences. Les périodes PM allaient de un à six mois et les dents étaient placées dans des conditions extrêmes de sécheresse et d'humidité. Les dents humaines ont permis une différenciation dans tous les cas. [Cameriere et al., 2007] relèvent que les dents sont la dernière partie du corps à subir les effets des processus conduisant à la fossilisation.

Les dents de personnes décédées peuvent prendre, quelques jours après la mort et dans certains cas seulement, une coloration allant du rose clair au rouge violacé. C'est le phénomène appelé hématodontie PM [Tavernier, 1996]. Ce rosissement peut apparaître en cas de putréfaction en milieu humide. Une atmosphère riche en CO₂ semble favoriser le maintien de cette coloration. Phénomène non systématique, il résulterait d'une diffusion des dérivés de l'hémoglobine à travers les tissus de la dentine. Mais ce phénomène ne compromet pas l'utilisation des caractéristiques dentaires dans les processus de comparaison. L'extraction d'ADN dans la pulpe dentaire ne semble pas non plus limitée par ce phénomène.

6.5. Référentiels de données dentaires

Pour entreprendre un processus comparatif entre des données AM et PM, la première étape consiste à formuler une hypothèse sur une identité présumée. En règle générale, elle oriente les enquêteurs vers la personne dont l'identité s'avère la plus vraisemblable selon les informations à disposition (date et lieu de découverte de la personne décédée, sexe, âge approximatif, date du décès, effets personnels par exemple). Dans des cas plus difficiles, les enquêteurs sont amenés à consulter une liste de personnes portées disparues.

La seconde étape, soit la recherche de matériel AM, peut révéler quelques écueils. Tout d'abord, la pertinence des comparaisons exige que ce soit le matériel AM le plus récent possible qui soit exploité, les caractéristiques dentaires étant intra-variables [Keiser-Nielsen, 1977]. D'autre part, l'odontologue doit pouvoir dispo-

ser de données originales. Ces deux exigences semblent simples, mais s'avèrent parfois difficiles à mettre en œuvre. Dans les investigations qui ont suivi le tsunami (décembre 2004), [De Valck, 2006] relève que si les recommandations d'Interpol étaient bien respectées pour les dossiers PM, elles l'étaient moins pour les dossiers AM. C'est pourquoi le Comité permanent d'Interpol sur l'identification des victimes de catastrophes (DVI – *Disaster Victim Identification*) recommande de respecter des protocoles opérationnels standard⁷⁶, protocoles précisant la façon dont les données AM doivent être collectées.

En cas de catastrophe, il convient aussi de relever que la constitution de dossiers AM souffre d'une particularité que les dossiers PM ne connaissent pas: durant les premières heures de l'événement, le nombre de victimes potentielles dépasse largement le nombre de victimes réelles. Dans le cas du tsunami, la Belgique a ouvert 4'260 dossiers AM pour 11 victimes; la Grande Bretagne, 22'000 dossiers AM pour 141 victimes [De Valck, 2006]. Ce phénomène complique et alourdit la tâche des personnes en charge des dossiers AM.

La localisation de données AM récentes

Bien que la fréquence des consultations dentaires soit en règle générale assez faible (au Canada, 28% de la population se rend moins d'une fois par an chez le dentiste [Kogon et MacLean, 1996]), les personnes qui ont consulté au moins une fois un dentiste dans leur vie sont très nombreuses. Dès lors, il n'est pas surprenant que le référentiel de loin le plus courant est celui d'un ou de plusieurs dentistes traitants. Des informations dentaires sont parfois découvertes auprès de spécialistes dentaires (chirurgiens dentaires, orthodontistes, spécialistes en orthopédie dento-faciale par exemple), dans des centres de soins d'urgence, dans des centres scolaires, militaires ou auprès d'assurances (lorsque les traitements dentaires sont pris en charge). De façon plus rare, du matériel de comparaison peut se trouver auprès d'institutions policières ou pénales lorsque ces instances ont documenté des affaires impliquant des traumatismes (dents cassées par exemple) ou les caractéristiques dentaires d'un suspect (dans les cas de morsures par exemple).

Concernant l'identité du dentiste traitant, elle est parfois difficile à établir. Dans la plupart des cas, elle n'est connue que du patient et de son entourage direct. Sans cette information, il convient de vérifier les documents comptables de la personne dont l'identité est supposée dans l'espoir d'y découvrir des factures de consultations dentaires, ou de se renseigner de façon systématique auprès des dentistes de sa ré-

⁷⁶ Procédures dites SOP (*Standard Operating Procedure*).

gion d'habitation. Mais là encore, des difficultés surgissent en raison des flux migratoires amenant à changer de dentiste.

Lorsqu'un dentiste traitant est découvert, il peut ne plus avoir à disposition les informations espérées. Sur un plan légal, les dentistes traitants doivent conserver les dossiers de leurs patients pour être en mesure de fournir tous les renseignements nécessaires en cas de suspicion de fautes professionnelles, de négligences, de fraudes ou de mauvais traitements. La conservation des dossiers dans le but d'identifier les patients n'est pas une priorité [Avon, 2004]. Mais dès qu'un dentiste traitant n'a plus de contact avec un patient, se pose la question de savoir sur quelle durée il doit conserver son dossier. À ce sujet, en Suisse, les législations sont cantonales, si bien que les durées de conservation des dossiers dentaires varient: 3 ans par exemple pour le canton de Vaud, 10 ans pour les cantons du Valais, de Neuchâtel, de Fribourg et du Jura. Il peut arriver que le dentiste traitant ne soit plus en activité ou en possession des informations nécessaires (en cas de cessation d'activité, la société suisse d'odonto-stomatologie – SSO – recommande au dentiste traitant, ou à ses héritiers, de transmettre les dossiers des patients au successeur, au médecin cantonal ou à la SSO).

Un autre type de référentiel possible est celui constitué de certaines banques de données. En effet, en cas de disparition et dès la suspicion d'un décès, il est utile de rassembler des informations AM – dont les informations dentaires [Butler, 1974] [Blau et al., 2006] – et de les stocker dans des banques de données pour orienter les enquêteurs en cas de découverte d'une personne décédée. Dans cette optique, différents outils informatiques ont été conçus. En Australie, au-delà de 60 jours de disparition, les données AM sont enregistrées dans un centre de Canberra, le NMPU (*National Missing Persons Unit*). Un logiciel spécifique aux données dentaires a été développé, le système DAVID-web (*Disaster And Victim IDentification*) [Clement et al., 2006]. Comme son nom le suggère, il fonctionne sur le web et reproduit aussi de façon fidèle les formulaires AM d'Interpol. En cas de recherche, il présente les identités possibles sous la forme d'un listing de probabilités décroissantes. En Suisse, comme indiqué au chapitre 1 (Introduction), la banque de données *Ante-Mortem* permet de rassembler les données dentaires non radiographiques de personnes portées disparues [Gremaud, 2007]. Collectées par les services de police en collaboration avec des dentistes traitants et des odontologues, ces données sont inscrites selon la nomenclature FDI au format générique d'Adams [Adams, 2003a] (simple distinction entre les dents sans traitement, avec traitements, extraites ou avec prothèse).

Le besoin de données AM originales

Lorsqu'il entreprend une comparaison AM-PM, l'odontologue doit pouvoir travailler avec des documents AM originaux. De plus, il devrait avoir un contact direct avec le dentiste traitant [Keiser-Nielsen, 1963] [De Valck, 2006] [Delattre, 2007].

Concernant la nécessité de disposer de données originales, plusieurs odontologues font état de difficultés [Brannon et Kessler, 1999] [Sweet, 2006] [De Valck, 2006]. Ces auteurs citent des cas où les dentistes traitants n'ont pas coopéré, n'ont pas voulu transmettre les données de leurs patients ou n'ont transmis que des informations faxées, inutilisables par les odontologues. De telles difficultés ont été rencontrées, par exemple, après la catastrophe du tsunami en Asie du Sud (décembre 2004). Le fait de transmettre des données originales, donc de s'en séparer, peut causer une réticence compréhensible. Ces données peuvent être détériorées ou perdues lorsqu'elles sont envoyées par voie postale. C'est pourquoi il est judicieux de les dupliquer selon une procédure qui puisse garantir une qualité optimale. Dans le cas du tsunami, les données originales ont tout d'abord été contrôlées, puis digitalisées à haute résolution avant d'être converties en un document PDF (*Portable Document Format*). Ce format a permis d'intégrer, en un seul document par victime, divers éléments de types différents tels que notes écrites, textes ou images. Ces données étaient ensuite placées sur un site informatique sécurisé d'accès contrôlé, ce qui a permis aux équipes nationales d'avoir rapidement accès à des données de qualité suffisante.

Concernant les contacts directs entre l'odontologue et le dentiste traitant, plusieurs éléments les justifient. En premier lieu, les données dentaires sont protégées par le secret médical, secret qui ne peut plus être levé par le patient. Selon Interpol, cette situation a pour conséquence d'imposer que les échanges aient lieu dans la stricte sphère médicale [De Valck, 2006]. En deuxième lieu, les contacts directs favorisent la collaboration. Des explications au sujet de notes parfois très personnelles, ou peu lisibles sont susceptibles de révéler des informations importantes. Enfin, tous les intermédiaires sont des sources de perturbations potentielles.

Exemple 20 [Imobersteg, 1982]:

En 1979, le corps d'une femme est découvert en contrebas d'une place d'évitement, dans la région d'Aigle (VD). La dépouille, nue, est recouverte de sacs à ordures aux ficelles nouées.

Les investigations conduisent les enquêteurs à soupçonner un professeur d'anthropologie canadien, C. B. Le corps découvert pourrait être celui de son épouse, avec laquelle il avait séjourné dans la station de Montana (VS), avant de se rendre à Paris, ville où il avait signalé sa disparition.

Alors qu'il est de retour à Montana, les enquêteurs lui demandent l'odontogramme de son épouse. C.B. obtient ce document du dentiste traitant de sa femme, officiant à Vancouver, puis le transmet aux autorités suisses. L'odontologue chargé de la comparaison exclut dans un premier temps l'épouse de C.B. Les inscriptions sont divergentes, mais certaines similitudes l'intriguent. C'est ce qui le pousse à contacter personnellement son confrère au Canada.

Ce dentiste canadien a heureusement conservé un autre original. Cette précaution permettra, d'une part, de prouver que C.B. avait falsifié l'odontogramme transmis à la police et, d'autre part, d'identifier la victime comme l'épouse annoncée disparue.

Divers

A la fin des années 1980, en cas d'absence totale de données AM, une approche originale a été proposée: elle consistait à tenter de lier les personnes d'une même famille ou d'un même groupe ethnique en fonction des parentés morphologiques dentaires [Dahlberg, 1986]. C'est une utilisation surprenante faisant des dents un identifiant indirect. La méthode reposait sur le fait que les caractéristiques dentaires de chaque individu étaient le résultat de son développement, de son environnement et de son patrimoine génétique. Concernant la dernière influence, des observations avaient cours pour évaluer dans quelle mesure les caractéristiques dentaires, des plus générales aux plus particulières, se répétaient au fil des générations (tailles des arches, descriptions et localisations de sillons, de cuspides, de creux, voire absence systématique de certaines dents). La mise en œuvre des techniques génétiques a suppléé ce type d'approche.

6.6. Comparaisons AM-PM

Avant d'examiner la procédure de comparaison dentaire, il y a lieu de présenter deux types de différences entre les données AM-PM auxquels les odontologues font souvent référence: les différences exclusives et non exclusives. Les qualificatifs « explicable » et « non explicable » sont aussi parfois utilisés [Kwan, 1977]. Les différences explicables correspondent à celles non exclusives et les différences non explicables à celles exclusives. Cette distinction résulte en grande partie de l'intra-variabilité des dents et apparaît aussi, mais dans une moindre mesure, dans les autres processus d'identification (empreintes digitales, ADN). Elle s'applique aussi bien aux données radiographiques que non radiographiques.

6.6.1. Différences exclusives – non exclusives

Lorsque la comparaison entre des données AM et PM fait apparaître des différences, il est nécessaire de distinguer:

- ◆ Les différences **exclusives**: elles permettent, à elles seules, de considérer que la personne décédée et le patient à la source des données AM ne peuvent pas être les mêmes personnes. Ces différences ne s'expliquent pas par l'intra-variabilité. Chaque différence exclusive conduit à une exclusion et permet de mettre un terme à la comparaison [Pretty et Sweet, 2001] [Avon, 2004]. Exemple: dent extraite AM devenue saine PM.
- ◆ Les différences **non exclusives**: elles n'excluent pas nécessairement que les données AM et PM puissent provenir de la même personne. Ces différences doivent alors trouver une explication chronologique ou technique. Exemple: dent saine AM devenue traitée PM.

Lorsque des caractéristiques dentaires n'étaient pas jugées suffisantes pour envisager une identification, [Keiser-Nielsen, 1963] recommandait déjà de les exploiter pour viser des exclusions. De nos jours, Interpol a généralisé ce principe et propose de travailler avec des caractéristiques exclusives pour accélérer les processus d'identifications en cas de catastrophes [Interpol, 1998]. Les spécialistes sont invités à travailler avec un tableau croisé entre les corps à identifier et les identités présumées. Des « X » sont inscrits en cas de différences exclusives observées au niveau de caractéristiques dentaires ou générales (différence manifeste d'âge, de couleur de peau, de sexe par exemple). Un « – » représente une indétermination et un « 0 » une identification.

6.6.2. Procédure de comparaison – données radiographiques

Peu de recherches ont permis d'aboutir à un processus désignant les conditions exhaustives à partir desquelles une identification peut être formulée suite à une comparaison de données radiographiques dentaires AM-PM. La conclusion d'une comparaison appartient toujours à l'odontologue, quelle que soit la terminologie utilisée. Mais même en l'absence d'un consensus en la matière, il existe quelques règles de procédure partagées par les spécialistes [Lorton et Langley, 1986a] [Goldstein et al., 1998] [Wood et al., 1999] [Pretty et Sweet, 2001] [Avon, 2004] [Wood, 2006]. Ces règles communes peuvent se résumer en cinq points:

1. Examiner les radiographies AM et évaluer leur type, leur qualité et les époques auxquelles elles ont été réalisées. Déterminer les conditions de

prises de vue dans lesquelles ces radiographies ont été faites. S'assurer que l'identité du patient soit indiquée de façon claire sur chaque radiographie.

2. Réaliser les radiographies PM dans des conditions comparables à celles des radiographies AM disponibles: mêmes types de radiographies, mêmes positionnements, mêmes incidences de prise, mêmes types d'exposition. Noter de façon claire la source des radiographies PM (numéro du corps). Pour éviter des confusions entre les radiographies AM et PM, celles-ci devraient être marquées d'un signe distinctif (par exemple une petite perforation sur le cliché AM, deux pour le cliché PM).
3. Analyser les radiographies en tenant compte des informations complémentaires, telles que les notes du dentiste traitant, l'odontogramme, les photographies.
4. Dans la comparaison d'une paire de radiographies AM-PM, noter les points de concordance et les différences. Indiquer si les différences sont exclusives ou non exclusives.
5. Prendre la décision selon la terminologie recommandée par [ABFO, 1994]: identification positive, possible, exclusion ou données insuffisantes. La règle générale consiste à considérer que si les caractéristiques dentaires de la radiographie PM sont comparables à celles de la radiographie AM, sans faire apparaître de différences exclusives, l'origine commune des deux radiographies est prouvée.

Concernant le point n° 2, la recommandation ne s'applique que si les données AM sont disponibles avant l'examen PM. En cas de catastrophe, par exemple, les radiographies PM se font de façon systématique, sans qu'il soit possible de s'en référer aux données AM (pas encore disponibles ou pas encore potentiellement liées à un corps) [Kvaal, 2006]. Dans ce cas, il convient de favoriser des approches impliquant la tomographie calculée par ordinateur (CT) [Jackowski et al., 2006a].

Toujours au sujet du point n°2, [Goldstein et al., 1998] ont examiné les influences de positionnements AM-PM différents. Après avoir mis au point un appareil expérimental modifiant les paramètres de prises de vue de façon indépendante, les auteurs ont examiné trois aspects spécifiques de la géométrie de l'espace lors de prises de vue: l'angle horizontal, l'angle vertical et la distance focale du film⁷⁷. Les mouvements horizontaux, verticaux et la focale ont été modifiés par intervalles réguliers. Les auteurs ont constaté que les déviations horizontales entre les radiographies AM et PM étaient le paramètre le plus sensible et le plus critique. Des

⁷⁷ En radiographie dentaire, le plan focal est la cible de tungstène dans l'anode du rayon X, l'objet est la dent et la position du film est le plan de réception.

déviations supérieures à 5 degrés compromettaient le processus d'identification; dès 10 degrés ou plus, les comparaisons AM-PM devenaient impossibles. Par contre, les changements dans l'angle vertical pouvaient aller jusqu'à 30 degrés sans compromettre la possibilité d'établir une comparaison dans de bonnes conditions. De même, de larges variations de focale n'affectaient pas la possibilité de discerner des points de comparaison (la focale influence la taille et la netteté de l'objet, mais il est difficile de placer le film à une grande distance de la dent). En modifiant la distance focale (entre 30,5 et 38,7 cm) et le temps d'exposition (entre 0,25 et 0,40 secondes), [Sholl et Moody, 2001] sont arrivés à des conclusions comparables: aucune influence sur les conditions de comparaison.

Définition d'une correspondance (match)

Les points n° 4 et 5 posent la question délicate de définir ce qu'est une correspondance, ou à partir de quel seuil la similarité de caractéristiques est suffisante pour considérer que ces dernières sont non différenciables. Il n'existe toujours pas de réponse satisfaisante à cette question. Selon [Keiser-Nielsen, 1977], la notion de caractéristique dentaire appropriée pour un processus d'identification doit être liée à sa fréquence d'observation. Plus une particularité dentaire est rare, plus elle est susceptible de constituer une caractéristique. Dans ce contexte, selon cet odontologue, une caractéristique exprime « l'improbabilité » d'une occurrence fortuite. Cette approche lui a permis de distinguer des caractéristiques « ordinaires » et « extraordinaires », ces dernières étant celles dont la fréquence était inférieure à 10%. Mais davantage que les caractéristiques elles-mêmes, c'est la configuration de caractéristiques qui permet à l'odontologue de tendre vers une fréquence d'observation la plus faible possible. Ce sont là les éléments du processus de réduction par sélectivité⁷⁸. Ce qui conduit à se poser la question suivante: dans un processus de comparaison dentaire, quel est le nombre minimum de caractéristiques nécessaires pour considérer qu'une identification peut être formulée ?

Pour les données radiographiques, la plupart des odontologues accordent de l'importance au nombre de points de concordance entre les données AM et PM. Certains appliquent la règle des 12 points associée à la dactyloscopie et considèrent qu'en l'adoptant, la Cour pourrait être en mesure de l'accepter comme « preuve au-delà d'un doute raisonnable » [Keiser-Nielsen, 1977]. D'autres préconisent 8 points [Stimson et Mertz, 1997]. Mais il est important de mentionner que le nombre de concordances nécessaires pour établir une identification n'a jamais été universelle-

78 Rappel: la sélectivité d'informations dépend, d'une part, de leur potentiel discriminant spécifique et, d'autre part, du nombre d'informations mises en relation.

ment agréé au sein de la communauté odontologique [Pretty et Sweet, 2001] [Adams, 2003a]. De même, le guide [ABFO, 1994] ne précise pas comment l'odontologue passe d'une identification possible à positive. Les critères sont vagues, subjectifs et dépendent en grande partie de l'expérience de l'odontologue. Le seul élément qui fasse l'unanimité est qu'il suffit d'une seule caractéristique exclusive entre des données AM et PM pour prononcer une exclusion.

Toujours au sujet des données radiographiques, [Goldstein et al., 1998] proposent de déterminer une surface standard précise qui serait digitalisée sur les radiographies AM et PM (les auteurs indiquent un tiers de la largeur d'une dent et un cinquième de sa longueur). En utilisant un point de référence (l'extrémité d'une racine par exemple), ils superposent les éléments PM aux éléments AM. Un point est déclaré « *match* » si son image AM se superpose à son image PM avec un maximum de 0,1 mm. [Wood et al., 1999] ont adopté une approche comparable et proposent de prendre une décision selon un « degré de concordance ». Pour une paire de radiographies AM-PM, les auteurs définissent le degré de concordance (C) avec le nombre de points alignés (A), le nombre de points disponibles pour l'examen (B) et le nombre de points visibles uniquement sur une des deux radiographies (V). La formule proposée est: $C = A / (B - V)$. Avec cette formule, un résultat de 80% est considéré comme une correspondance.

6.6.3. Validité scientifique des comparaisons AM-PM – données radiographiques

Comme l'a démontré le cas Daubert, quel que soit le domaine de compétence, il est important que les spécialistes scientifiques puissent attester de leurs méthodes [Daubert v. Merrell, 1993].

L'utilisation des données dentaires dans le processus d'identification d'une personne décédée repose sur le postulat que l'ensemble des caractéristiques dentaires d'un individu sont uniques. Cette unicité est admise mais n'a jamais été démontrée [MacFarlane et al., 1974] [Rawson et al., 1984] [Sweet et Pretty, 2001] [Kieser et al., 2007] [Richmond et Pretty, 2007].

Les estimations empiriques de validité

Pour évaluer la fiabilité des résultats issus de comparaisons radiographiques dentaires, il est possible de faire des tests à l'échelle 1:1. Cette approche a été appli-

quée en 1994 par des auteurs qui ont constitué deux lots de radiographies dentaires concernant des dents non traitées ou avec de légers traitements [MacLean et al., 1994]. Le premier lot était formé de 140 radiographies correspondant en paires (70 correspondances). Le second lot était formé de 140 radiographies provenant toutes de personnes différentes (70 non-correspondances). Ces 280 radiographies ont été soumises à 3 odontologues de niveaux différents. En fonction des identifications incorrectes (faux positifs – FP), des exclusions incorrectes (faux négatifs – FN), des identifications correctes (vrais positifs – TP) et des exclusions correctes (vrais négatifs – TN), les auteurs ont mesuré la sensibilité des résultats (capacité à détecter les identifications correctes), leur sélectivité (capacité à détecter les exclusions correctes), puis la précision globale (cf. table 6.7 et formules (6.5)).

Table 6.7 - Répartitions des résultats possibles (corrects ou incorrects), en terme d'identifications et d'exclusions.

	Identité correcte	Autre identité
Identifications	TP : Identifications correctes	FP : Identifications incorrectes
Exclusions	FN : Exclusions incorrectes	TN : Exclusions correctes
Totaux	TP + FN	FP + TN

$$\begin{aligned}
 \text{sensibilité} &= \frac{TP}{TP + FN}, & \text{sélectivité} &= \frac{TN}{TN + FP}, \\
 \text{précision globale} &= \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP}.
 \end{aligned}
 \tag{6.5}$$

Il est apparu que la précision globale des résultats était de 93%. L'odontologue le plus expérimenté avait une sensibilité plus faible et une sélectivité plus élevée que ses deux collègues (il présentait moins d'identifications positives, certainement par prudence, mais commettait moins de fausses exclusions). Fait intéressant, dans le test indiqué, les erreurs des opérateurs n'ont pas été les mêmes pour tous. Les auteurs relèvent que cette observation doit encourager le travail en équipe dans le but de limiter les erreurs.

Pour l'étude précitée, les périodes séparant les réalisations de radiographies AM-PM s'étendaient de quelques mois à 15 ans. Dans le but d'observer de quelle façon la fiabilité des résultats était affectée avec des périodes plus grandes (jusqu'à 30 ans), une partie des auteurs ont poursuivi les recherches [Kogon et MacLean, 1996]. Ce paramètre du temps entre les saisies AM et PM est pertinent car il dévoile les effets de l'intra-variabilité. Les auteurs ont retrouvé une précision de 93% pour des périodes AM-PM comparables à l'étude de 1994. Par contre, pour des pé-

riodes supérieures à 20 ans, le taux d'erreur a augmenté de façon nette (davantage de faux négatifs et davantage de faux positifs). Une période supérieure à 20 ans est suffisante pour que des modifications anatomiques apparaissent (modifications au niveau de la pulpe, modifications des structures alvéolaires des os par exemple). Certaines caractéristiques se dégradent, d'autres disparaissent. Durant une telle période, la probabilité de traitements métalliques augmente, traitements qui ont pour effet d'obscurcir l'anatomie coronale sur les radiographies. De plus, au-delà de cette période, les relations spatiales des dents sont susceptibles de se modifier. En résumé, la précision globale des comparaisons radiographiques est jugée élevée pour des périodes AM-PM allant jusqu'à 15-20 ans (93% de précision), puis elle diminue de façon significative.

Trois ans plus tard, une étude a examiné la validité des comparaisons de radiographies dentaires selon les types de dents (primaires, mixtes, permanentes) [Wood et al., 1999]. Cet aspect n'est pas à négliger car les données AM peuvent avoir été saisies à une étape du développement différente de celle en cours lors de la mort. L'étude a démontré de façon logique que la fiabilité des comparaisons est la plus grande en cas d'homogénéité (que des dents primaires ou que des dents permanentes) et qu'elle diminue de façon abrupte pour des configurations de dents mixtes. Pour des examens n'impliquant que des dents primaires, la sensibilité a été mesurée à 91% (une fausse exclusion), la sélectivité à 100%. Les mêmes valeurs ont été obtenues pour des examens n'impliquant que des dents permanentes (périodes AM-PM de 5 à 11 ans). Pour des configurations de dents mixtes, la sensibilité a été mesurée à 0% (incapacité totale à détecter les identifications correctes), la sélectivité à 100% (seul point encourageant: aucune fausse identification). À noter que la terminologie « mixte » peut révéler des configurations très différentes selon la distribution des dents permanentes et primaires. Dans l'étude indiquée, les dents permanentes étaient présentes en faible proportion (1 à 7 selon les cas) et il s'est avéré que pour chaque nouvelle dent permanente qui surgissait, apparaissaient en moyenne 5 points supplémentaires de divergence.

Les odontologues considèrent que les individus ayant subi des traitements dentaires complexes et nombreux sont plus faciles à identifier que ceux n'ayant pas ou peu de traitements [Pretty et Sweet, 2001]. Pour les personnes ne présentant aucun traitement, la comparaison doit s'appuyer sur d'autres éléments dentaires. Il semble que cette nécessité prendra de l'importance au fil des ans puisque la tendance du nombre de traitements est à la baisse dans certaines régions du globe. C'est dans ce contexte qu'une étude a été réalisée avec trois types d'opérateurs différents (9 odontologues, 9 hygiénistes dentaires et 9 dentistes traitants). Des radiographies dentaires ne révélant aucun traitement leur ont été soumises, radiographies provenant,

au niveau PM, de 15 victimes et, au niveau AM, de 20 identités supposées [Sholl et Moody, 2001]. Les résultats qui suivent doivent être pris avec précaution car le nombre de participants est faible. La capacité à détecter les identifications correctes (sensibilité) s'est répartie entre 63,6% et 100%. Pour les odontologues, la moyenne était de 93,3%, celle des dentistes traitants de 85,2% et celle des hygiénistes dentaires de 89,7%. Tous les opérateurs détectaient les différences entre les radiographies. Par contre, ceux qui avaient moins de connaissances et moins d'expérience en identification n'exploitaient pas toutes les possibilités offertes par les caractéristiques anatomiques. La majorité des participants ont considéré que l'aide la plus déterminante pour détecter les correspondances provenait de la morphologie des racines et de leur alignement. La morphologie des dents leur a semblé d'une aide plus restreinte. Quant aux différents types d'opérateurs, les auteurs ont constaté que la nature des connaissances semblait être faiblement corrélée au nombre de résultats corrects, même si les odontologues expérimentés avaient obtenu les meilleurs scores.

En 2003, une étude a examiné la fiabilité de comparaisons réalisées avec des radiographies numériques à des fins d'identification [Pretty et al., 2003]. Des participants des États-Unis, d'Europe, d'Australie et de Nouvelle Zélande, recrutés sur le web avec différentes expériences forensiques, devaient se déterminer après examen de 10 configurations AM-PM (3 exclusions et 7 identifications). Ils avaient à choix cinq réponses possibles: la non-détermination pour manque d'éléments suffisants, l'exclusion, l'identification possible, probable ou formelle. Fait intéressant, les auteurs ont soumis les mêmes cas aux participants un mois après les premières évaluations. Ils ont ainsi pu évaluer les variations entre participants (inter-variabilité) et celles résultant d'un changement d'avis possible (intra-variabilité). 155 participants ont répondu au premier test, 87 au deuxième. Pour les odontologues les plus expérimentés (soit ceux ayant déjà participé à plus de 25 investigations odontologiques), la précision a été évaluée à 91% (pour une moyenne de tous les participants à 85,5%). Ceux ayant répondu deux fois au test n'ont pas modifié leurs conclusions.

En résumé, ces différents tests empiriques avec des données radiographiques permettent d'estimer la validité des comparaisons AM-PM. Ils apportent aussi la preuve que le principe de comparaison AM-PM n'est pas infaillible. À ce sujet, il est important de prendre en compte diverses sources d'erreurs spécifiques aux données dentaires, sources d'erreurs qui peuvent conduire à de fausses exclusions, plus rarement à de fausses identifications.

6.6.4. Sources d'erreurs

Trois sources d'erreurs peuvent affecter le résultat de comparaisons impliquant des données dentaires. La première est intrinsèque à ce type de données: l'intra-variabilité. Les deux suivantes sont liées aux données AM. Ce sont la négligence et la fraude, dont la distinction est donnée comme suit: « *Negligence is the committing of an act which a person exercising ordinary care would not do under similar circumstances, or the failure to do what a person exercising ordinary care would do under similar circumstances. Fraud is a deception deliberately practiced to secure unfair or unlawful gain* » [Delattre, 2007](pp.421).

L'intra-variabilité

L'intra-variabilité dentaire peut conduire à des erreurs, en particulier en ce qui concerne le descriptif des dents. En faisant abstraction de l'erreur humaine, les caractéristiques dentaires peuvent avoir changé entre l'instant où elles ont été saisies par un dentiste traitant (données AM) et le moment de l'examen PM. À noter que ces changements peuvent être AM (survenir lorsque la personne était encore vivante) ou PM (survenir après la mort, mais avant le processus d'identification). Pour la suite de ce travail, seules les modifications qui peuvent survenir entre la saisie AM et la mort seront prises en compte.

En ce qui concerne les données non radiographiques, il est possible d'illustrer cette problématique en ne retenant que les dents saines (V), traitées (R) ou manquantes (M). Neuf successions sont possibles en théorie (cf. table 6.8). Dans l'hypothèse où ces données proviennent de la même personne et que les dents en question sont de même type, les trois premières successions ne causent pas de problème, les trois dernières sont exclusives (en ce sens, elles ne constituent pas une source d'erreurs). Quant aux trois possibilités intermédiaires, les différences de notation sont sources d'erreurs tout en étant plausibles. Ainsi, l'observation d'une dent saine dans un dossier AM n'apporte pas de garantie définitive sur son état PM. Une seule possibilité garantit un état AM qui ne peut pas varier au niveau PM: le status de dents déjà manquantes au niveau AM (M-M). Les différences de notation sont plus complexes encore si les traitements sont décrits en détail.

Ce risque d'erreur doit être pris en compte dans la conception des systèmes d'aide à l'identification. Sur ce point, le système CAPMI a servi pour étudier l'impact d'erreurs sur une banque expérimentale de 578 soldats âgés de 17 à 28 ans [Lorton et Langley, 1986b]. Des taux d'erreur de 10, 20, 30 et 40% ont été volontairement introduits, imitant des différences qui peuvent apparaître entre des données

AM et PM. Sans surprise, les erreurs ont eu pour effet de diminuer la sélectivité du système. Sans ce type d'erreur, en tenant compte des personnes ayant une caractéristique ou plus, la sélectivité définie comme la capacité à désigner l'identité correcte dans les dix premières personnes listées a été évaluée à 99,4%. Avec les mêmes définitions, mais avec un taux d'erreur de 40% affectant les données enregistrées (AM), la sélectivité du système est descendue à quelque 80%.

Table 6.8 - Successions AM-PM pour des dents saines (V), traitées (R) et manquantes (M).

Donnée AM	Donnée PM	Plausible ?	Source d'erreur ?	Remarques
V	V	Oui	Non	Correspondance possible
R	R	Oui	Non	Correspondance possible
M	M	Oui	Non	Correspondance possible
V	R	Oui	Oui	Différence non exclusive
V	M	Oui	Oui	Différence non exclusive
R	M	Oui	Oui	Différence non exclusive
R	V	Non	Non	Différence exclusive
M	V	Non	Non	Différence exclusive
M	R	Non	Non	Différence exclusive

Ces remarques sur les divergences de notation dues à l'intra-variabilité justifient la nécessité d'obtenir les données dentaires AM les plus récentes possibles pour entreprendre une comparaison avec des données PM.

La négligence

Gérés par des hommes, les dossiers dentaires peuvent contenir des confusions, des manquements, parfois des informations diagnostiques inadéquates qui peuvent compromettre la tâche de l'odontologue [Avon, 2004]. Après avoir rassemblé de façon régulière des dossiers AM dans le cadre de catastrophes, [Brannon et Kessler, 1999] rapportent avoir souvent travaillé avec des dossiers incomplets ou inexacts. Selon ces auteurs, un problème fréquent est le manquement dans la mise à jour des informations relatives aux traitements réalisés et aux particularités des patients. Il arrive que des dentistes négligent d'indiquer jusqu'au nom des patients. Ces négligences s'observent autant dans le secteur civil que militaire. Ainsi, dans 12% des cas d'identification de victimes de la Tempête du Désert (guerre d'Irak), les radiographies militaires se sont avérées inexploitable. Un constat identique a été fait

par [Delattre et Stimson, 1999]. Dans un sondage auprès de dentistes traitants ($N=86$) sur l'auto-évaluation de la qualité des informations qu'ils inscrivent dans les dossiers de leurs patients, ces auteurs ont été surpris de constater que le nombre de participants n'ayant pas constitué de dossiers dentaires les concernant eux, personnellement, ou concernant les membres de leur famille était important. D'autre part, la moitié des dentistes sondés ont indiqué n'inscrire que le nom de famille du patient, sans autres précisions comme celle du numéro de sécurité sociale par exemple.

Une étude plus récente a été menée auprès d'odontologues américains via un questionnaire adressé par voie électronique [Delattre, 2007]. L'auteur ne mentionne pas le nombre de sondés, mais indique que 66% d'entre eux avouent avoir suspecté des négligences ou des fraudes dans les enregistrements AM. Dans de tels cas, 78% n'ont rien entrepris; les autres ont contacté le dentiste traitant ou dénoncé le cas (à l'association locale ou à l'agence fédérale). En cas de découvertes de négligences, 17% des participants considéraient qu'il convenait de les dénoncer. Ce pourcentage montait à 31% en cas de découverte de fraude.

La fraude

La fraude dentaire existe en particulier dans les pays où les frais de traitements sont couverts par des compagnies d'assurance, comme aux États-Unis où plusieurs cas de fraude ont été portés devant les tribunaux [Wood, 2006]. Sur un milliard de dollars dépensés chaque année pour la santé, il semble que 10% soient engagés de façon indue [Tsang et al., 1999]. La fraude consiste, par exemple, à réaliser des traitements qui n'étaient pas nécessaires, à indiquer des traitements qui n'ont pas été réalisés ou à coder une procédure simple en une procédure plus complexe pour tromper la société d'assurance.

Dans leur étude, [Tsang et al., 1999] ont démontré que des manipulations digitales de radiographies dentaires classiques permettaient de produire des altérations qui n'étaient pas présentes sur des films originaux et que de telles manipulations pouvaient tromper des experts. Ils ont mené une expérience avec des radiographies dentaires de patients comportant pas ou peu de traitements antérieurs. Avec un scanner, ils ont digitalisé ces radiographies puis importé les résultats vers un logiciel de traitement d'images. Après modifications, les images étaient transposées sur des films analogiques. Trois compagnies d'assurance ont été induites en erreur; elles ont approuvé le bien-fondé de traitements coûteux.

6.6.5. Conclusion partielle

À cause de l'intra-variabilité des données dentaires, la prise en compte de différences exclusives et non exclusives est plus importante encore dans le processus d'identification dentaire que dans les autres processus.

Concernant la comparaison de données radiographiques, la majorité des odontologues suivent une procédure en cinq points:

1. L'examen des radiographies AM.
2. La réalisation des radiographies PM.
3. La prise en compte des informations du dossier AM.
4. La comparaison des radiographies.
5. La prise de décision.

La validité des comparaisons AM-PM repose sur le postulat que l'ensemble des caractéristiques dentaires d'un individu sont uniques. Pour les données radiographiques, il n'y a de consensus ni sur une définition exacte d'une caractéristique, ni sur celle d'une concordance, ni sur le nombre minimum de caractéristiques nécessaires à une identification. Les odontologues les plus sceptiques doutent même que ce moyen d'investigation soit approprié en science forensique [MacLean et al., 1994]. Ces spécialistes sont d'avis que la valeur scientifique et les limites de telles comparaisons n'ont toujours pas été définies de façon satisfaisante.

Des contrôles empiriques visant à évaluer la validité de comparaisons AM-PM avec des données radiographiques font état de taux de précision de l'ordre de 93% et de taux de spécificité compris entre 98 et 100% (pour des odontologues expérimentés). Ces valeurs s'entendent sans les facteurs perturbateurs que sont le manque d'homogénéité des dents (dents mixtes) et des périodes AM-PM supérieures à 20 ans. Enfin, des sources d'erreurs sont possibles: celles liées à l'intra-variabilité des dents, à la négligence et aux fraudes. Pour limiter les risques d'erreurs, le travail en équipe est recommandé, comme la mise en place de procédures de contrôle.

6.7. Programmes informatiques et identifications dentaires

6.7.1. Données non radiographiques

Les banques de données telles que NHANES III et TSCOHS (présentées dans le sous-chapitre 6.3.1.) n'ont pas été conçues pour identifier des personnes. Elles rassemblent des informations dentaires destinées à évaluer des fréquences de données non radiographiques. Pourtant, l'utilisation de systèmes comparables à des fins d'aide à l'identification est possible. Dans ce cas, l'hypothèse est faite que les données dentaires de la personne portée disparue se trouvent parmi les données AM enregistrées dans la banque. Dès lors, les données PM sont introduites comme critères de recherche [Lewis, 2002].

Un des premiers systèmes informatiques d'aide à l'identification de victimes a été conçu en 1974 [Kogon et al., 1974]. Ce système était destiné à écarter les enregistrements qui, de façon manifeste, ne correspondaient pas aux critères de recherche. Les enregistrements ne concernaient que les dents traitées, non traitées et manquantes d'une liste de personnes portées disparues (liste provenant des victimes de l'accident d'aviation de Woodbridge du 5 juillet 1970). Les correspondances impossibles étant écartées, ne restaient que les enregistrements susceptibles d'être évalués par un spécialiste. Ce système a montré une aide appréciable et un gain de temps dans les procédures d'exclusion. D'autres systèmes ont suivi, certains d'une complexité telle qu'ils ont été très vite abandonnés [Pierce et al., 1982].

L'exploitation de systèmes actuels tels que CAPMI4 (dont la première version est apparue sur le marché en 1986) [Lorton et Langley, 1986b] ou WinID2 (dont la première version est apparue en 1996) confirme que les données dentaires non radiographiques ne permettent pas à elles seules de parvenir à des identifications. Ces deux systèmes présentent les résultats de recherches sous forme d'un listing de scores dégressifs. En 2002, une étude comparative a été réalisée sur ces deux outils informatiques [Lewis, 2002]. 100 données AM ont été introduites dans chaque système et 105 recherches PM ont été effectuées. Les résultats étaient jugés corrects lorsque les systèmes proposaient la bonne personne dans les trois premières propositions listées. CAPMI4 a obtenu 48 correspondances correctes (45,7%) contre 71 avec WinID2 (67,6%).

Quel que soit le logiciel choisi, l'exploitation informatique des données dentaires non radiographiques peut se résumer en un processus de réduction du nombre

de personnes enregistrées dans la banque. Les personnes qui présentent des données exclusives sont écartées et celles qui sont susceptibles de présenter des correspondances possibles sont retenues. L'identification définitive est réalisée par un odontologue.

Ces systèmes d'aide à l'identification sont utiles pour les cas de catastrophes où les données dentaires sont très nombreuses et de provenance hétérogène. Lorsqu'il existe une liste des victimes possibles (catastrophes dites « fermées » comme un crash d'avion par exemple), l'ensemble des données dentaires non radiographiques provenant des victimes possibles peut constituer la banque de données, banque dont l'exploitation permettra d'accélérer les processus d'identification par sélection des informations AM les plus pertinentes. En cas de catastrophes dites « ouvertes » (soit lorsqu'il n'existe pas de liste pré-établie des identités, cas du tsunami par exemple), la banque de données peut être constituée par les données dentaires non radiographiques des personnes portées disparues.

Dans ce contexte, Interpol a adopté un programme informatique permettant d'enregistrer les données dentaires non radiographiques. Il s'agit du logiciel commercial *Plass Data* (*Plass Data Software*, Holbaek, Danemark). Cependant, lors du tsunami, ce logiciel a révélé deux problèmes majeurs. Le premier est une multitude de codes qui freinent et rendent complexe la détection de correspondances évitantes. Le second est une difficulté chronique à fonctionner de façon correcte en réseau, ce qui est un handicap majeur lorsqu'une centralisation des données est souhaitée.

6.7.2. Données radiographiques

Comme indiqué au sous-chapitre 6.3.2 (Données radiographiques), les banques de données radiographiques actuelles sont expérimentales. De ce fait, leur exploitation à des fins d'identification est encore très limitée.

Avec le système automatisé d'identification dentaire ADIS [Nassar et Ammar, 2003], la recherche d'une correspondance AM-PM s'effectue en deux étapes. Dans un premier temps, le système recherche l'ensemble des radiographies de la banque de données (données AM par exemple) qui offrent le plus fort potentiel de correspondance selon des données générales (sexe, âge, race, nombre de dents par exemple). Dans un second temps, le système permet la comparaison de deux images selon une architecture pyramidale. La prise de décision (correspondance ou non-correspondance) procède par évaluation des différences entre les deux images

via une modélisation bayésienne. Les algorithmes de recherches stratégiques utilisés dans ADIS ne sont pas indiqués par les auteurs. Les résultats obtenus sont jugés rapides et précis, même si des développements sont encore nécessaires. Après avoir comparé des milliers de paires de radiographies dentaires, les auteurs annoncent une précision de plus de 97%.

Dans le système proposé par [Jain et al., 2003], les correspondances entre deux radiographies comparées (AM et PM par exemple) sont évaluées par un facteur appelé MD (*Matching Distance*). Ce paramètre mesure les différences qui apparaissent quant aux distances prises sur les deux images. Plus ce paramètre est petit, plus il soutient l'hypothèse que les deux images proviennent de la même personne. Les résultats d'une recherche apparaissent selon un score calculé avec les valeurs MD. Avec cette approche, 38 recherches réalisées dans la banque de données expérimentales de 130 images ont fourni 25 résultats corrects (65%).

Le système proposé par [Nazmy et al., 2005] fournit aussi des résultats de comparaisons avec un score résultant des signatures PCNN. Le taux de précision n'est pas indiqué avec la banque de données expérimentale de 200 images, mais les auteurs considèrent leurs résultats comme encourageants.

6.7.3. Conclusion partielle

Les programmes informatiques exploitant des données dentaires non radiographiques ne parviennent pas, à eux seuls, à atteindre des individualisations. À condition qu'ils tiennent compte des sources d'erreurs liées à l'intra-variabilité, ils permettent de sélectionner, parmi plusieurs personnes possibles, celles qui ont la plus forte probabilité de correspondre au matériel PM constituant les critères de recherche. La prise de décision finale est toujours soumise à l'avis d'un odontologue. Ainsi, ces programmes sont des aides à l'identification en cas de catastrophe et s'avèrent aussi utiles pour rassembler les informations AM de personnes portées disparues.

Quant aux programmes informatiques exploitant des données dentaires radiographiques, le stade actuel de leur développement ne permet pas encore une utilisation pertinente à large échelle.

6.8. Systèmes d'identification autonomes

Divers systèmes d'identification autonomes liés aux données dentaires ont été conçus. Avec de tels systèmes, les informations dentaires doivent receler, à elles seules, tous les éléments nécessaires à une individualisation.

Parmi les systèmes proposés dès les années 1960 figure le « *Swiss Identification System* » destiné à implanter un disque en or dans l'émail d'une dent [Muhlemann et al., 1979]. Le disque, mesurant 0,25 mm d'épaisseur et 2,0 mm de diamètre, est noyé dans une résine résistant au feu. Il est de couleur rouge pour être facilement détecté et peut recevoir 13 caractères alphanumériques.

Cette idée a été reprise par des odontologues belges [Thevissen et al., 2006a] [Thevissen et al., 2006b]. Ce dernier système en date propose de développer des puces électroniques fonctionnant à basses fréquences radio (134.2 KHz, RFID) du type de celles utilisées pour l'identification d'animaux. Ces supports électroniques peuvent être conçus pour ne permettre que la lecture des informations pré-enregistrées, ou rendre possibles de nouvelles programmations sans extraction. Des tests ont été réalisés avec des produits électroniques disponibles sur le marché, mais ayant nécessité des modifications, notamment pour diminuer la taille des puces destinées à être implantées dans des molaires et noyées dans une résine. Les radiographies, non affectées par ce système, permettent de localiser leur emplacement.

Ces systèmes restent d'une utilisation expérimentale et ne résolvent pas tous les problèmes. Au-delà de l'aspect financier, la dent contenant la puce doit être retrouvée et les informations encore lisibles. Lorsque la dent est retrouvée seule, arrachée ou cassée, elle ne justifie pas l'hypothèse que son porteur soit décédé. Ce type de système doit être détecté et connu de l'odontologue qui effectue les observations PM. Lorsqu'un tel système est découvert sur un corps non identifié, il faut encore localiser l'organisation ou l'opérateur qui détient la signification des informations présentes dans le support. Finalement, aucun système ne garantit une intégrité absolue, ce qui peut laisser la porte ouverte à des manipulations malintentionnées. Soit autant de contraintes qui rendent ces systèmes encore marginaux.

D'une façon plus courante et moins sophistiquée sur le plan technique, il existe la labellisation des prothèses dentaires amovibles, préconisée dans certains pays, obligatoire dans d'autres [Borrman et al., 1999]. Le fait de marquer les prothèses dentaires avec le nom de leur propriétaire ou avec un numéro peut s'avérer utile pour les personnes totalement édentées [Richmond et Pretty, 2007]. À noter que dans cette dernière étude, aucun des 200 sujets édentés examinés n'avait de prothèse labellisée. En Europe, la Suède et l'Islande légifèrent en la matière (les mar-

queurs doivent être biologiquement inertes, les patients doivent être informés et donner leur accord). Aux États-Unis, vingt et un États exigent que les prothèses soient labellisées. Ce moyen d'individualisation s'avère appréciable lorsque des personnes pourvues de prothèses sont résidentes dans de très grandes institutions (maisons de santé, établissements de soins). Dans de tels environnements, il arrive que les prothèses dentaires soient égarées ou qu'elles nécessitent une centralisation, pour être stérilisées par exemple [Pretty et Sweet, 2001]. Dans un cas comme dans l'autre, le fait de labelliser les prothèses aide à retrouver leur propriétaire.

En matière d'identification, il convient toutefois de rester prudent car les prothèses sont, de par leur nature, amovibles et non fixées. La labellisation des prothèses est un indice à ne pas négliger, mais, en cas d'investigations PM, leur pertinence est affaiblie par cette mobilité. Un examen odontologique est nécessaire pour confirmer la correspondance entre la prothèse et la personne décédée. C'est le résultat de cet examen, et non la simple découverte d'une prothèse labellisée, qui apporte la preuve définitive d'une individualisation.

Chapitre 7

L'ADN

7.1. Introduction

Depuis trente à quarante ans environ, le domaine de la génétique a vécu une période d'une très grande densité en découvertes et mises au point de techniques d'exploitation. Des implications impressionnantes ont eu lieu dans de nombreux secteurs, dont ceux de la médecine et des domaines forensiques. En quelques décennies, plusieurs prix Nobel ont été attribués dans ce domaine.

Principes et techniques [Coquoz et Taroni, 2006]

L'acide désoxyribonucléique (ci-après ADN) se trouve dans le noyau de chaque cellule du corps (d'où son appellation d'ADN nucléaire), à l'exception des globules rouges. Il s'agit d'un polymère de nucléotides (longue chaîne formée de molécules ayant chacune une base azotée, un groupement phosphate et un sucre à cinq carbones, le désoxyribose). Il y a quatre sortes de nucléotides, parfois appelés bases: l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). En 1950, Erwin Chargaff démontre qu'il y a toujours autant d'adénine que de thymine, et toujours autant de cytosine que de guanine. Trois ans plus tard, James Dewey Watson et Francis Harry Compton Crick établirent que l'ADN est une chaîne double de nucléotides suivant un arrangement spatial hélicoïdal dont les liens vont toujours de

pair entre A-T et C-G. Leurs travaux permettront de connaître la structure précise de l'ADN, ce qui leur vaudra le prix Nobel. La chaîne de nucléotides étant double, la longueur de l'ADN s'exprime par unité de paires de bases (*bp*).

La première cellule fécondée, avant de se diviser et de se dupliquer, est créée selon les informations génétiques d'un spermatozoïde et d'un ovule. En conséquence, pour chaque individu, l'ADN représente son information génétique provenant, à part égale, des informations génétiques de ses parents biologiques.

Certains nucléotides ne portent aucune information génétique. Ils servent, en quelque sorte, de relais entre les informations génétiques situées dans les différentes protéines. Ces nucléotides forment des séquences appelées non codantes qui représentent 98% de tout l'ADN. Leur utilisation s'avère très utile pour exprimer une partie de l'ADN d'un individu. En effet, pour caractériser un individu, il serait utopique de vouloir exprimer la totalité des informations de son ADN (l'être humain possède quelque 3 milliards de nucléotides). Une seule partie extraite des séquences non codantes suffit. La technique qui permet de traiter ces séquences pour les exploiter est le séquençage. Les principes de cette technique de lecture de l'ADN ont été définis en 1977 par Sanger et ses collaborateurs (prix Nobel en 1980). Selon cette technique, qui s'est développée et affinée depuis, des séquences précises de *bp*, non codantes et répétitives, sont sélectionnées, puis quantifiées. Lorsque ces séquences sont constituées de quelque 100 nucléotides, elles sont appelées minisatellites ou VNTRs (*Variable Number Tandem Repeats*). Lorsqu'elles sont constituées de 6 nucléotides au moins, elles sont appelées microsatellites ou STRs (*Short Tandem Repeats*). C'est l'analyse de ces STRs qui permet d'établir un profil d'ADN [Dawid et al., 2002].

En 1984, Alec Jeffreys constate que les séquences non codantes et répétitives sont différentes selon les individus. C'est le début d'une exploitation possible des profils d'ADN, exploitation qui sera facilitée par la découverte de la réaction en chaîne par polymérase (PCR – *Polymerase Chain Reaction*). Cette technique, dont la première publication a été faite en 1986 par Kary Mullis (prix Nobel de chimie en 1993), permet de multiplier par deux, à chaque cycle, les fragments d'ADN disponibles. Le principe exploite la régularité des binômes A-T et C-G. Quant à la technique, elle fonctionne en trois étapes. En premier lieu, la double chaîne d'ADN est séparée en deux brins (c'est la dénaturation), puis des amorces complémentaires se lient aux parties d'ADN libres (c'est l'hybridation). Enfin, il y a assemblage des nucléotides des nouvelles chaînes (c'est l'élongation). Si le spécialiste dispose initialement de très peu de matériel d'analyse (en théorie une seule cellule suffirait), cette technique d'amplification lui permet de recopier les cellules afin d'entre-

prendre divers examens presque sans limitation. Ainsi dès le début des années 1990, les principaux outils d'analyse pour exploiter l'ADN dans le domaine criminel sont en place.

Selon les individus, des variations apparaissent dans les séquences de nucléotides. Ce sont les polymorphismes de l'ADN. Les zones de l'ADN qui présentent ces variations sont appelées marqueurs génétiques et les résultats de leur exploitation s'expriment en allèles. Pour chaque caractère génétique polymorphe, ou pour chaque marqueur examiné, il existe différents allèles représentant chacun une variante possible. Les analyses démontrent qu'un caractère génétique donné peut présenter un ou deux allèles (à l'exception des cas de trisomie 21 pour lesquels trois allèles apparaissent pour tous les marqueurs situés sur le chromosome 21). En fait, pour chaque caractère, c'est celui du père biologique et celui de la mère biologique. Dans les cas où les deux allèles sont différents, l'individu est dit hétérozygote au gène considéré. Si un seul allèle apparaît, c'est que l'individu a hérité le même allèle de son père et de sa mère. Dans ce cas, l'individu est dit homozygote au gène considéré. Quant aux marqueurs, ils sont nommés soit selon des concepts génétiques de base (D3S1358 par exemple), soit selon le sigle utilisé par le laboratoire l'ayant mis au point.

À ce jour, en Suisse, les profils génétiques d'individus impliqués dans des affaires pénales, profils destinés à être enregistrés dans la banque de données CODIS, sont établis avec 11 marqueurs⁷⁹. Cette façon de procéder est un standard appliqué par la plupart des laboratoires à travers le monde. Pour chaque marqueur, la gamme des allèles possibles ainsi que le pouvoir discriminant des génotypes possibles sont connus. Si tous les marqueurs révèlent des résultats exploitables, le profil est dit complet (cf. table 7.1). Si certains marqueurs sont absents, le profil est dit partiel et son exploitation peut s'en trouver affectée. Un profil peut être partiel à cause de dégâts causés, principalement, par la lumière, l'humidité ou la chaleur. Enfin, il convient de mentionner que les techniques appliquées en génétique sont très sensibles, ce qui a pour effet de révéler aussitôt des contaminations si les précautions adéquates n'ont pas été prises (l'ADN des contaminations est amplifié au même titre que l'ADN des fragments d'intérêt).

Table 7.1 - Exemple d'un profil d'ADN tel qu'il se présente avec les marqueurs utilisés dans la banque de données suisse CODIS.

Marqueurs	D3S1358	VWA	D16S539	D2S1338	XY	D8S1179	D21S11	D18S51	D19S433	THO1	FGA
Génotypes	14-15	16-16	8-12	20-23	XY	13-13	30-30	15-18	11-15	9-9,3	24-25

⁷⁹ Ce nombre de marqueurs évoluera dans le temps selon les progrès technologiques et selon les besoins forensiques (cf. exemple 21).

Il faut garder à l'esprit que le profil d'ADN d'un individu n'est qu'un extrait partiel de son patrimoine génétique total. « *Le terme de **profil ADN** est probablement le plus adéquat, le terme de profil indiquant bien que cette analyse détermine le contour d'une personne, sans en donner, de loin, une description complète. Il conserve l'idée que le profil peut être décrit avec plus ou moins de précision, et qu'il peut être observé depuis plusieurs angles* » [Coquoz et Taroni, 2006](pp.89). Cette précision est utile car il peut arriver que deux profils soient comparables (ou compatibles) suite à l'analyse de quelques marqueurs seulement, avant de devenir différents (ou non compatibles) avec l'analyse de séquences supplémentaires. L'exemple 21 illustre cette situation.

Exemple 21 :

2000, Tessin: des ossements humains sont découverts en haute montagne, près du lac Termogio. Les investigations orientent les enquêteurs vers l'identité d'un berger d'origine portugaise porté disparu deux ans auparavant dans la même région. Le profil d'ADN nucléaire du défunt est comparé au frère du berger porté disparu et l'identification est prononcée (lien de parenté évalué avec un rapport de vraisemblance de 100'000'000).

Quelque temps plus tard, un homme décède après s'être jeté sous un train en Allemagne. Parmi les hypothèses sur l'identité de la victime, les enquêteurs retiennent le nom du berger dont la recherche était restée active auprès des services d'Interpol, par erreur. Ils comparent l'ADN nucléaire de leur victime avec l'ADN de la mère du berger et concluent à une identification formelle (probabilité d'identité évaluée à 99.99%) !

Ce cas, assez troublant, a poussé les enquêteurs allemands et suisses à se pencher plus en détail sur les analyses génétiques réalisées. Les Allemands avaient une correspondance parfaite pour 10 marqueurs utilisés. En ajoutant 5 marqueurs supplémentaires, ils découvrirent une incompatibilité mère-fils pour 2 loci, divergences qui n'apparaissaient pas avec la victime retrouvée au Tessin.

À ce jour, la victime retrouvée en Allemagne n'a pas encore été identifiée. Les enquêteurs allemands n'excluent pas qu'elle ait un lien de parenté avec le berger.

Le sexe

L'analyse du gène de l'amélogénine (indiqué XY dans la liste des marqueurs de la table 7.1) fait partie des kits standard utilisés par la plupart des laboratoires et révèle une information biologique, celle du sexe. En soi, c'est une exception au principe selon lequel les informations révélées par les STRs ne concernent pas des données dites sensibles, soit des données relatives à la biologie, à la psychologie et à la santé d'un individu. Cette analyse peut révéler des anomalies chromosomiques

(XXY ou XYY par exemple) ou des résultats habituels (XY ou XX) non conformes au sexe réel de la personne, ceci sans prendre en compte les transsexuels (avec ou sans opérations chirurgicales ou traitements hormonaux). Dès lors, si ce renseignement est correct dans la plupart des cas, il faut savoir qu'il ne l'est pas dans tous. En effet, une jeune fille, avec une morphologie tout à fait normale, peut présenter un résultat XY. De même, un jeune homme d'apparence virile, sans ambiguïté physique, peut présenter un résultat XX (proportion estimée à 0,02% dans la population [Coquoz et Taroni, 2006]). Dans certains cas, une ambiguïté sexuelle peut apparaître à la naissance. Pour une naissance sur 2'000 (soit 0,05%), la question de savoir si le nouveau-né a un petit pénis ou un grand clitoris peut se poser⁸⁰. Les personnes qui en sont victimes sont qualifiées d'intersexuées. La médecine quant à elle parle de pseudo-hermaphrodites ou d'ambiguïtés génitales. Jusqu'à ces dernières années, les médecins répondaient à ces situations par la chirurgie et les traitements hormonaux bien que certains spécialistes proposent désormais d'admettre l'existence de stades intersexuels.

Ainsi l'identité sexuelle n'est pas qu'une question de chromosomes. Elle est beaucoup plus complexe et implique des paramètres de nature endocrinienne, morphologique, cérébrale, sans compter avec les constructions culturelles et sociales.

Vu sous l'angle de l'identification des personnes décédées, cela implique que l'analyse du gène de l'amélogénine (comme des autres marqueurs) peut conduire, en de rares occasions, à un faux diagnostic. Ce risque n'est pas une spécificité de l'identification des personnes décédées car il est présent dans l'établissement de tous les profils.

Applications en science forensique

La génétique offre divers moyens d'investigations très appréciés en science forensique. Tout d'abord, les profils d'ADN ont une faible intra-variabilité et une forte inter-variabilité, ce qui en fait un outil de discrimination important [Bär et al., 1988]. D'autre part, l'exploitation de profils d'ADN peut être envisagée avec différents matériaux humains (ou animaux), tels le sang, la salive, le sperme, les cheveux, les os, voire les traces digitales ou la pulpe dentaire. Enfin, les techniques d'analyses génétiques utilisées sont d'une sensibilité telle que d'infimes traces peuvent être traitées.

80 Article « *Les intersexuels ne veulent pas être mis dans des catégories* » paru dans le journal Le Temps, samedi 24 janvier 2009, sous la plume de Marie-Christine Petit-Pierre.

Les diverses techniques génétiques ont été utilisées de façon progressive depuis leur mise au point. De nos jours, elles sont devenues routinières dans la plupart des laboratoires de génétique forensique et les services de police ont adopté des procédures de prélèvement, de conditionnement et de transmission. Depuis le 1^{er} janvier 2005, en Suisse, une loi fixe un cadre légal à ce type d'exploitation dans les procédures pénales [Loi sur les profils d'ADN, 2003]. Avec une trace qui s'avère exploitable sur le plan génétique, le spécialiste peut en rechercher la source en comparant le profil d'ADN issu de cette trace avec le profil d'un individu suspect, voire consulter des banques de données. Il peut aussi établir des liens entre affaires sur lesquelles des traces ont révélé des profils comparables.

La génétique a aussi ouvert de nouvelles voies au sujet de l'interprétation des résultats et de la présentation des moyens de preuve devant la Cour [Saks et Koehler, 1991]. Grâce à la possibilité de pouvoir évaluer les fréquences des caractéristiques qu'elle révèle, elle a imposé une argumentation statistique et des modèles probabilistes dans les tribunaux. Cela a eu pour effet de contraindre d'autres secteurs forensiques à des remises en question, notamment sur les taux d'erreur et sur l'admissibilité des moyens de preuve en général.

Dans le domaine de l'identification de personnes décédées, la génétique permet l'exploitation d'identifiants directs (ADN provenant de la personne dont l'identité est supposée) et indirects (ADN provenant d'un proche parent) [Pretty et Sweet, 2001], ce qui permet de rassembler des informations en relation avec les identités civiles ou biologiques selon les cas. Sur le plan légal, la loi fédérale sur l'utilisation des profils d'ADN dans les procédures pénales règle aussi une partie de l'utilisation des profils d'ADN pour identifier des personnes inconnues, disparues ou décédées hors procédure pénale [Loi sur les profils d'ADN, 2003](art. 1, alinéa 3).

7.2. Intra-variabilité de l'ADN

L'ADN est connu pour avoir une intra-variabilité extrêmement faible. Pour la plupart des individus, leurs informations génétiques ne se modifient pas au fil de leur vie. De plus, contrairement à ce qui peut être observé en cas d'appositions successives de la même empreinte digitale, il n'existe pas de différence lors d'établissements successifs du même profil d'ADN. Certes, les techniques appliquées peuvent évoluer, mais les résultats ne sont pas affectés par des modifications génétiques. *« On peut admettre que n'importe quel prélèvement de n'importe quelle partie du*

corps prélevée à n'importe quel moment de l'existence de l'individu produit toujours le même profil ADN » [Coquoz et Taroni, 2006](pp.116).

En de très rares occasions, le profil d'ADN d'un individu peut changer. C'est le cas à la suite d'une greffe de la moelle osseuse par exemple: après avoir reçu le greffon, les cellules du sang du receveur vont véhiculer le profil d'ADN du donneur. Mais cette modification n'affectera que son sang; les autres cellules de son corps conserveront leur profil. À ce sujet, l'ordonnance sur l'établissement de profils d'ADN en matière civile et administrative exige que les transplantations de moelle osseuse comme les jumeaux soient signalées lors du prélèvement [OACA, 2007] (article 13). Cette exigence n'a pas encore été formulée dans le domaine judiciaire, mais elle pourrait l'être.

Exemple 22 :

Octobre 2008: le journal *Spiegel*⁸¹ annonce que les investigations génétiques engagées pour identifier une personne décédée ont conduit l'Institut de médecine légale de Munich à découvrir deux ADN différents: un ADN masculin et un ADN féminin.

Selon Anslinger Katja, experte de l'Institut de médecine légale de l'université de Munich, le corps sans vie était celui d'un homme qui avait reçu, de son vivant, un don de moelle osseuse d'une femme. À la suite de la transplantation, les cellules de son sang avaient pris les caractéristiques de l'ADN de la donneuse. Cependant, dans toutes les autres cellules de son corps, l'ADN masculin n'avait pas été modifié.

Ces situations sont rares. Il est utile d'y penser en cas de résultats troublants ou incompatibles avec ce qui était attendu. Il convient alors de vérifier si la personne décédée a pu recevoir un greffon de son vivant, ou de procéder à l'établissement d'un profil d'ADN avec un échantillon d'une autre nature.

Le fait qu'un individu véhicule deux ADN différents constitue soit un cas de mosaïcisme, soit un cas de chimérisme [Castella et al., 2009]. Le mosaïcisme se réfère à des organismes qui proviennent d'un seul zygote (processus généralement provoqué par une mutation somatique). Quant au chimérisme, il se réfère à des organismes qui sont originaires de plus d'un zygote (fusion d'un ovule et de deux spermatozoïdes, échanges de cellules entre jumeaux dizygotes ou persistance d'ADN fœtal du sang maternel par exemple). Dans la pratique, il est difficile de déterminer si la coexistence de plusieurs profils résulte de mosaïcisme ou de chimé-

81 Source: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,585032,00.html> (dernier accès le 21.07.2009).

risme, raison pour laquelle le terme de chimère est généralement utilisé pour décrire la présence de deux ADN distincts chez un individu.

L'exemple 22 est un cas de chimérisme pour lequel les causes de l'apparition du deuxième profil d'ADN sont davantage celles d'une substitution partielle et volontaire que celles d'une réelle intra-variabilité. Certaines personnes peuvent être chimères de naissance, sans que cela résulte d'un changement au fil de leur vie. C'est le cas de jumeaux dizygotes pour lesquels des échanges de cellules ont eu lieu durant leur vie intra-utérine ou pour lesquels il y a eu fusion entre deux embryons (deux ovules sont fécondés avec chacun un génome différent, chimérisme dit tétragamétique) [Coquoz et Taroni, 2006]. Il en résulte un ADN dit principal et un ADN secondaire, soit deux ADN qui peuvent révéler des sexes différents. Dans de telles configurations, et selon les examens réalisés, il n'est pas exclu qu'une mère chimère soit considérée comme mère génétiquement non compatible avec ses propres enfants. Ces phénomènes sont encore peu connus et leur nombre devrait être très limité (seuls quarante cas environ ont été recensés à ce jour dans le monde). Il semblerait que la plupart des nouveau-nés chimères ne survivent pas à ces perturbations génétiques.

7.3. Inter-variabilité de l'ADN

L'ADN a une inter-variabilité très grande. Les seules configurations de données génétiques non différenciables entre individus sont celles qui concernent des jumeaux univitellins (soit de vrais clones). L'inter-variabilité de l'ADN se mesure selon celle des profils d'ADN établis. En soi, c'est une restriction puisque seules quelques séquences répétitives sont examinées alors que chaque individu en possède des dizaines de milliers.

La constitution et la mise à disposition de nombreuses banques de données permettent de procéder à des estimations de l'inter-variabilité des profils d'ADN. Ces estimations dépendent des marqueurs sélectionnés (lesquels sont toujours développés pour leur degré de sélectivité), du nombre de marqueurs mis en relation et des fréquences obtenues pour la configuration des génotypes découverts. Comparées à celles des empreintes digitales et des dents, les estimations de cette inter-variabilité présentent des conditions plus favorables. D'une part, les génotypes dont les fréquences sont utilisées sont des caractéristiques très précises. Il n'y a aucune ambiguïté sur la façon de les exprimer (ce qui n'est pas le cas avec les minuties ou avec certaines caractéristiques dentaires par exemple). D'autre part, ces caractéristiques

génétiques ont une intra-variabilité qui peut être considérée comme nulle, ce qui garantit une fiabilité au fil du temps (ce qui n'est pas le cas des caractéristiques dentaires par exemple).

La fréquence d'un génotype hétérozygote $a-b$ (notée P_{a-b}) vaut deux fois le produit des fréquences des allèles a et b (produits notés p_a et p_b ; deux fois car le premier allèle peut venir du père, l'autre de la mère, ou inversement). La fréquence d'un génotype homozygote $a-a$ vaut le carré de la fréquence de l'allèle a (cf. formule (7.1)). Selon le marqueur analysé, les fréquences de ses allèles sont estimées dans des tables disponibles pour les spécialistes. La littérature génétique propose de nombreuses tables de ce type selon les populations étudiées. Certaines de ces tables sont disponibles sur le web⁸².

$$P_{a-b} = 2 \cdot p_a \cdot p_b, \quad P_{a-a} = p_a^2. \quad (7.1)$$

Quant à la fréquence d'une série de génotypes, elle se calcule par multiplication des fréquences de chacun des génotypes retenus, ceux-ci étant considérés comme indépendants (cf. table 7.2). Ce présupposé d'indépendance est appliqué car les marqueurs utilisés sont choisis pour être localisés sur des chromosomes différents. De plus, il est admis que les allèles et les génotypes se répartissent de façon aléatoire au fil des générations dans la population [Dawid et al., 2002]. C'est l'équilibre dit de « Hardy-Weinberg » selon lequel la diversité génétique d'une population se maintient et tend vers un équilibre stable:

- ◆ si les couples se forment au hasard et, en cas de procréation, si leurs gènes s'échangent par hasard,
- ◆ si la population est suffisamment grande,
- ◆ s'il n'y a ni sélection, ni mutation, ni migration,
- ◆ s'il n'y a pas de croisements entre générations différentes.

Ce présupposé d'indépendance permet une estimation assez correcte, mais il n'est pas parfaitement légitime car la réalité est plus complexe [Coquoz et Taroni, 2006].

Table 7.2 - Calcul de la fréquence d'un profil génétique.

Marqueurs	D3S1358	VWA	D16S539	D2S1338	D8S1179	D21S11	D18S51	D19S433	THO1	FGA
Génotypes	14-15	16-16	8-12	20-23	13-13	30-30	15-18	11-15	9-9,3	24-25
Fréquences	2 · 10% · 25%	22% · 22%	2 · 2% · 29%	2 · 14% · 10%	29% · 29%	27% · 27%	2 · 15% · 7%	2 · 0,6% · 17%	2 · 15% · 29%	2 · 14% · 8%
Produit des fréquences	4,02E-16									

82 Par exemple <http://www.str-base.org/index.php> (dernier accès le 10.07.2009).

Comme illustré dans la table 7.2 (dans laquelle le résultat de l'analyse du gène de l'amélogénine – XX ou XY – n'est pas pris en compte), certains allèles sont plus fréquents que d'autres (l'allèle 13 du marqueur D8S1179 est de 29% contre 0,6% pour l'allèle 11 du marqueur D19S433). Il apparaît aussi que la combinaison des génotypes devient vite très sélective. Si seul le premier marqueur est connu, à cause d'un échantillon dégradé par exemple, la fréquence est de 5%. Cela signifie que sur quinze millions de personnes (15'000'000) correspondant à la population analysée (exemple théorique), le premier génotype permettrait de retenir 750'000 personnes. Les deux premiers marqueurs ne retiendraient plus que 36'300 personnes, les trois premiers 421, les quatre premiers 12 et les cinq premiers plus que 1. Ces valeurs s'entendent pour des personnes sans lien de parenté. En effet, avec les mêmes géniteurs, des frères et sœurs ont entre eux des profils d'ADN statistiquement plus proches qu'avec des personnes qui ne leur sont pas apparentées.

Ainsi l'inter-variabilité des profils d'ADN est très grande, mais les généticiens se gardent, en règle générale, de s'exprimer en terme d'unicité (à l'exception des jumeaux univitellins). Celle-ci reste un postulat. Du reste, les généticiens savent aussi que plus il y a d'individus dans une banque de données de profils d'ADN, plus apparaissent des présomptions que deux individus puissent être non différenciés, en dehors des cas de jumeaux univitellins (collisions fortuites). Dès lors, le langage adopté est celui des probabilités car quel que soit le niveau de qualité du matériel examiné, le résultat des comparaisons peut toujours être évalué en termes de fréquences obtenues sur des populations limitées.

7.4. Modifications PM

Le fait d'avoir pu extraire de l'ADN nucléaire de momies de plus de 2'000 ans d'âge laisse supposer que l'exploitation de cet identifiant est possible dans tous les cas. Cependant, cet enthousiasme ne reflète pas tout à fait la réalité. Après la mort, divers facteurs peuvent dégrader l'ADN: les conditions environnementales particulières (dont l'humidité, la lumière et la chaleur), les bactéries et les microorganismes, les phénomènes biochimiques, les milieux de pH agressifs ou les processus d'oxydation par exemple.

Comme déjà mentionné dans le sous-chapitre consacré à la décomposition des empreintes digitales (cf. sous-chapitre 5.4.1.), deux processus distincts opèrent, soit l'autolyse et la putréfaction. Concernant la dégradation de l'ADN, les enzymes interviennent de façon décisive puisque ce sont eux qui fragmentent l'ADN. Si beau-

coup d'enzymes sont détruits par les bactéries qu'entretient et favorise la putréfaction, ils résistent bien à l'autolyse. Deux groupes d'enzymes en particulier sont responsables de la dégradation de l'ADN de cellules mortes. Il s'agit des endonucléases, qui fragmentent l'ADN en le coupant en milieu de chaîne, et des exonucléases qui n'attaquent que les nucléotides situés aux extrémités des fragments. Ces deux processus conduisent à une fragmentation progressive de l'ADN.

Les collaborateurs de l'université de Zürich ont examiné divers tissus de 23 personnes décédées pour évaluer la stabilité de l'ADN après la mort [Bär et al., 1988]. Les extractions d'ADN ont été entreprises entre six heures et trois semaines après la mort sur le cortex cérébral, le ganglion lymphatique, les reins, la glande thyroïde, la rate et dans le sang notamment. Les chercheurs ont constaté une relative bonne stabilité de l'ADN dans le cortex cérébral et le ganglion lymphatique. Dans le sang, les résultats étaient plus variables (difficulté d'avoir des échantillons homogènes). Dans la rate, les reins et la glande thyroïde, ils ont observé une stabilité satisfaisante jusqu'à cinq jours, période au-delà de laquelle une rapide dégradation s'opère. D'une façon générale, ils ont relevé une corrélation directe entre le taux de dégradation et la période PM. Ils ont aussi noté qu'en plus des conditions environnementales PM, des maladies infectieuses AM pouvaient favoriser l'autolyse, donc avoir un impact sur la rapidité des dégradations.

Mais les chances d'obtenir un profil d'ADN non dégradé sont plus élevées avec des tissus durs comme ceux du squelette ou des dents. De par leur nature très résistante aux influences de l'environnement, aux effets du feu, de l'immersion, des mutilations et de la décomposition, les dents représentent une très bonne source de matériel ADN, y compris lorsqu'elles ont été traitées [Pretty et Sweet, 2001]. Ce matériau biologique peut révéler des résultats d'ADN exploitables alors même que les autres méthodes conventionnelles ont échoué. L'ADN est extrait du cœur des dents, soit de la pulpe. Ce tissu, bien protégé par la dentine, contient tous les éléments communs aux autres tissus mous, à savoir des cellules, des fibres, des vaisseaux sanguins et des nerfs notamment. C'est parce que la taille de la pulpe est proportionnelle à celle de la dent qui l'abrite que les molaires sont préférées aux incisives pour en extraire de l'ADN. Pour atteindre la pulpe, il existe des méthodes qui consistent à couper la dent horizontalement, à mi-hauteur. Elles sont préférées à celles qui nécessitent une coupe verticale, ces dernières exposant trop de matière biologique, ce qui peut compromettre des examens complémentaires avec la même dent [Sweet et Hildebrand, 1998]. Les techniques les plus récentes font état de la possibilité de procéder par broyage cryogénique des dents. Les dents, avec ou sans traitements antérieurs, sont nettoyées puis rendues à l'état de fine poudre en milieu stérile avec de l'azote liquide. L'ADN est ensuite extrait et amplifié avec des tech-

niques conventionnelles. Cette méthode, relativement simple et rapide, peut aussi être appliquée avec d'autres matériaux, dont les ossements, et peut aussi servir à extraire de l'ADNmt (cf. exemple 30) [Pretty et Sweet, 2001].

Même si les dents sont une source précieuse d'ADN, la règle générale est qu'en cas de décomposition, la probabilité de pouvoir exploiter des sites d'ADN intacts diminue. En conséquence, il peut arriver que l'exploitation d'un profil d'ADN selon les techniques habituelles soit compromise (les profils obtenus sont au mieux partiels). Mais avant de changer d'approche et de se diriger vers l'exploitation de l'ADNmt par exemple, il existe des techniques particulières applicables à des échantillons de matériel humain très dégradé [Coquoz et Taroni, 2006]. En lieu et place de générer des fragments d'ADN amplifiés par PCR de la taille de 100 à 480 *bp*, des sets d'analyses spécifiques permettent d'obtenir des fragments d'ADN plus petits, de taille inférieure à 100 *bp*. Cette approche, appelée mini-STR, permet des résultats comparables à ceux des profils habituels. Bien qu'il soit difficile d'ajuster en version mini-STRs toute la liste des STRs recommandés en Europe, les progrès sont réguliers dans ce domaine. À ce sujet, [Opel et al., 2006] ont traité des échantillons très dégradés avec des mini-STRs. Le matériel examiné était constitué de restes humains à l'état squelettique (1 tibia et 24 fémurs). Les ADN ont été amplifiés avec des amorces spécifiques. Les auteurs ont démontré, d'une part, qu'il était possible d'obtenir des résultats comparables aux techniques standard pour 11 des 12 marqueurs utilisés dans CODIS (ce qui permet d'envisager des recherches dans de telles banques de données). D'autre part, il a été possible d'établir un profil d'ADN complet pour 64% des échantillons contre 16% avec la technique habituelle.

7.5. Référentiels de données génétiques

Deux spécificités propres aux données génétiques permettent d'exploiter un large éventail de référentiels. En premier lieu, l'ADN peut être un identifiant direct ou indirect. En second lieu, les éléments exploités peuvent être de différentes natures. Il est possible d'exploiter des profils d'ADN déjà établis au niveau AM. Dans ce cas, la comparaison peut avoir lieu de suite (c'est une situation comparable à celle qui met à disposition, pour les processus dentaires ou dactyloscopiques, des données dentaires pré-enregistrées ou des impressions digitales encrées). Mais il est aussi possible de traiter divers matériaux biologiques prélevés, de son vivant, sur la personne dont l'identité est supposée pour en établir un profil d'ADN. Cet aspect n'apparaît pas pour les autres processus examinés.

Comme pour les référentiels de données dactyloscopiques, il est proposé de distinguer les référentiels de données génétiques selon qu'ils autorisent des vérifications 1:1 ou des recherches 1:N. Les profils d'ADN établis et conservés mais non enregistrés dans des banques de données seront qualifiés de profils archivés. Les principaux référentiels peuvent se présenter comme suit:

- ◆ Référentiels d'identifiants **directs** autorisant des vérifications 1:1
 1. les référentiels sans identités liées (traces génétiques),
 2. les référentiels de profils d'ADN archivés,
 3. les référentiels d'échantillons biologiques AM.
- ◆ Référentiels d'identifiants **directs** autorisant des recherches 1:N
 4. les banques de données de profils d'ADN.
- ◆ Référentiels d'identifiants **indirects** autorisant des vérifications 1:1
 5. les référentiels d'échantillons biologiques de proches parents.
- ◆ Référentiels d'identifiants **indirects** autorisant des recherches 1:N
 6. les banques de données de profils d'ADN de proches parents.

7.5.1. Référentiels d'identifiants directs

1. Référentiels sans identités liées (traces génétiques)

Dans ce cas, les profils d'ADN sont établis avec des traces. Ce type de référentiel est à la génétique ce que les traces digitales sont à la dactyloscopie. D'une part, aucune identité n'est liée à ce type de référentiel, ce qui en fait un référentiel « aveugle » en terme d'identité civile. C'est un scénario semblable à celui d'affaires pénales dans lesquelles une trace génétique est comparée au profil d'ADN d'une source putative. D'autre part, en terme de pertinence du lien trace génétique – identité civile, les mêmes paramètres interviennent que ceux présentés pour les traces digitales. Cette pertinence dépend des risques de contaminations, du lieu de découverte de la trace et du nombre d'occupants des lieux notamment. À nouveau, les mêmes scénarios sont envisageables: profil d'ADN relevé sur un objet personnel découvert dans un appartement où une seule personne est portée disparue ou, à l'inverse, profil d'ADN relevé sur un objet quelconque découvert dans un lieu public.

2. Référentiels de profils d'ADN archivés

Ce type de référentiels est peu courant. Il peut s'agir de profils d'ADN établis dans des contextes privés, civils, médicaux ou administratifs. Dans la quasi-totalité

des cas, les profils d'ADN archivés dans ces contextes ont été établis avec les mêmes techniques que celles appliquées en science forensique.

En Suisse, l'établissement des profils d'ADN visant à déterminer la filiation ou l'identité d'une personne est réglé par la loi fédérale sur l'analyse génétique humaine [LAGH, 2004], section 7. Cette loi précise que les analyses ne peuvent être réalisées que par des laboratoires reconnus par la Confédération (article 8, alinéa 4) et qu'un échantillon ne peut être réutilisé qu'aux fins auxquelles la personne concernée a consenti (article 20, alinéa 1). À ce sujet, il paraît peu judicieux de demander à tous les donneurs d'un test de filiation, comme à tous les patients d'un dentiste traitant, leur accord pour utiliser leurs données au cas où leur dépouille devrait être identifiée. Ainsi, dans la pratique et par la force des choses, l'utilisation de ces données à des fins d'identification se fait sans le consentement des personnes intéressées. Par contre, le principe du consentement cité dans la loi implique la délivrance d'un mandat par une autorité compétente pour que le laboratoire détenteur d'une donnée AM livre ses informations.

Les échantillons prélevés sont destinés à être détruits immédiatement après l'entrée en force du jugement final pour les procédures civiles ([LAGH, 2004], article 32) et immédiatement après que la décision soit entrée en force pour les procédures administratives (article 33). Dans les procédures civiles, ainsi que pour les analyses réalisées hors procédures (article 34), la personne concernée, ou son représentant légal, peut donner son consentement pour que la durée de conservation de son échantillon soit prolongée. De ce fait, les laboratoires d'analyses génétiques constituent des référentiels potentiels pouvant mettre à disposition, selon les cas, des profils d'ADN déjà établis.

Un autre référentiel de ce type est celui des profils d'ADN établis sur des personnes immigrées candidates au regroupement familial. Ce sujet alimente les débats politiques en France depuis 2007, date à laquelle le politicien Mariani a déposé un amendement au projet de loi sur l'immigration. Des tests destinés à établir l'identité ou la filiation sont réalisés depuis 1985 [Jeffreys et al., 1985]. Depuis, ces tests se sont généralisés et se font de façon régulière dans plusieurs pays: en Grande-Bretagne depuis 1991, au Danemark et en Finlande depuis 2000, en Italie depuis 2001, en Norvège depuis 2003 ou encore en Espagne et en Suède depuis 2006⁸³. En principe, ces tests ne sont réalisés qu'avec l'accord des intéressé(e)s et les profils ne sont pas enregistrés dans des banques de données.

83 <http://www.20minutes.fr/article/185667/France-Les-tests-ADN-a-travers-l-Europe.php> (dernière consultation le 12.07.2009).

Lorsqu'un échantillon est prélevé, la loi suisse mentionne que la personne concernée doit justifier de son identité [LAGH, 2004] (article 31, alinéa 2). À première vue, cette mention peut surprendre car elle demande à la personne qui se soumet à un prélèvement d'ADN – visant à établir son identité – de justifier de son identité. L'explication, implicite, réside dans les formes d'identité différentes auxquelles il est fait allusion: la personne qui se soumet à un prélèvement d'ADN visant à établir son identité *biologique* doit justifier de son identité *civile*. Cette distinction est en partie précisée dans l'article 12 de l'ordonnance sur l'établissement de profils d'ADN en matière civile et administrative [OACA, 2007]: le laboratoire doit relever le nom de famille du donneur, son prénom, sa date de naissance, son adresse, son lieu d'origine et sa nationalité. De plus, une pièce d'identité valable doit être présentée et une photographie du visage doit être réalisée. Ces exigences légales sont importantes car l'authenticité des informations civiles a une grande influence sur ce qui peut être extrapolé des résultats génétiques. L'exemple 23 illustre la nécessité de pouvoir compter sur une identité civile fiable lors d'un prélèvement.

Exemple 23 :

Janvier 2008, Sion (VS): Monsieur F. est invité à se rendre dans un laboratoire pour se soumettre à un test de paternité. Il conteste être le père d'un enfant que son épouse a mis au monde alors que le couple était déjà séparé depuis plusieurs mois. Un prélèvement est réalisé et des analyses génétiques entreprises entre ce profil et ceux établis précédemment pour l'enfant et la mère.

Les résultats indiquent que le père présumé n'est pas le père de l'enfant.

La mère conteste ces résultats et émet l'hypothèse que son ex-mari ait pu envoyer à sa place, le jour du prélèvement, son cousin. Les enquêteurs découvrent que le cousin de Monsieur F. est établi en ville de Sion et qu'une ressemblance frappante existe entre les deux hommes. Lors du prélèvement, une photographie du donneur avait été prise. Mais cette précaution s'avère insuffisante à déterminer avec certitude s'il s'agit de Monsieur F. ou de son cousin. Par chance, une empreinte digitale encrée avait aussi été prise sur le donneur.

La comparaison de cette empreinte avec une nouvelle empreinte digitale encrée relevée sur Monsieur F. permettra de confirmer que l'identité civile indiquée le jour du prélèvement était correcte, excluant ainsi définitivement Monsieur F. comme père de l'enfant. L'empreinte saisie a ainsi évité une deuxième analyse génétique.

Le sous-chapitre 7.6 (Comparaisons AM-PM) montrera que l'exigence d'un contrôle de l'identité civile du donneur est tout aussi importante dans le contexte de l'identification d'une personne décédée.

3. Référentiels d'échantillons biologiques AM

Les instances telles que les hôpitaux et les laboratoires d'analyse reçoivent, traitent et conservent divers types d'échantillons biologiques. Lorsqu'ils sont localisés, et si les conditions sont remplies pour qu'ils puissent être récupérés, ces échantillons permettent d'établir des profils d'ADN. En ce qui concerne la durée de conservation de ces échantillons, l'ordonnance sur l'établissement de profil d'ADN en matière civile et administrative [OACA, 2007] ne fixe aucune contrainte. Quant à l'ordonnance sur l'analyse génétique humaine [OAGH, 2007], elle impose une conservation des rapports de 30 ans (article 16, alinéa 2), sans préciser ce qu'il adient des échantillons. Dès lors, certains laboratoires conservent les rapports et les échantillons.

Les laboratoires médicaux reçoivent de façon régulière des prélèvements de sang destinés à vérifier soit le taux d'alcoolémie (après un test positif à l'éthylomètre), soit la présence de drogues et de médicaments (dossiers MDV⁸⁴). En Valais, par an, cela représente entre 1200 et 1500 demandes pour le taux d'alcoolémie et entre 80 et 100 demandes pour les dossiers MDV. Si la demande vient d'un organisme judiciaire, ces prélèvements sont conservés une année au moins. Une identité précise est toujours liée à ces prélèvements, ce qui permet de les retrouver, puis de les exploiter.

Il existe encore de nombreux autres référentiels de ce genre selon les antécédents médicaux de la personne concernée ou selon ses activités (banque de sperme par exemple).

Exemple 24 [Sweet et al., 1999]:

1998, Canada: le corps d'une femme est découvert à l'état squelettique dans un bois.

Selon divers éléments, dont les effets personnels, les enquêteurs formulent l'hypothèse qu'il pourrait s'agir de Madame HK, 40 ans, arrivée du Japon quelques années auparavant, portée disparue 39 mois avant la découverte du squelette. Bien que des travaux dentaires complexes aient été observés sur la personne décédée, les enquêteurs ne découvrent aucune donnée AM pour Madame HK (données AM peut-être disponibles au Japon, mais non localisées). Par contre, des recherches permettent de localiser, dans un laboratoire d'analyse d'une agence provinciale canadienne d'étude sur le cancer, deux frottis cytologiques⁸⁵ prélevés sur Madame HK, l'un en 1993, l'autre en 1994.

84 MDV: Médicaments et Drogues au Volant.

85 Cytologique: relatif à des cellules vivantes.

Les deux frottis sont examinés. Ils contiennent 7 ng d'ADN humain. Les techniques traditionnelles d'extraction et d'amplification permettent d'obtenir un profil partiel (7 marqueurs).

Ce résultat a permis d'identifier la personne décédée (fréquence de $4,52E-9$ dans la population canadienne).

Parmi les référentiels de prélèvements biologiques AM, les cartes de prélèvement sanguin du dépistage néonatal (tests de Guthrie) constituent un référentiel particulier qui mérite quelques développements.

En Suisse, comme dans la plupart des pays européens, un dépistage néonatal systématique (*screening* néonatal) est réalisé depuis les années 1960 [Kinderspital ZH, 2006]. Ce dépistage vise à détecter certaines maladies du métabolisme et des hormones, maladies qui ne peuvent pas être diagnostiquées cliniquement plus tard. Sans le dépistage mis en place, ces maladies pourraient se développer et causer des lésions irréversibles à différents organes, en particulier au cerveau. Pour éviter ce risque, quelques gouttes de sang sont prélevées sur le talon de tous les enfants qui naissent, quelle que soit leur nationalité. Les six maladies suivantes sont recherchées:

- ◆ **La phénylcétonurie:** maladie du métabolisme qui touche un nouveau-né sur 8'000 environ. La phénylalanine qui se trouve dans toutes les protéines animales et végétales de l'alimentation habituelle n'est pas assimilée par l'enfant. Elle s'accumule dans le sang, se dégrade et devient toxique pour le cerveau. Une alimentation spéciale permet d'éviter cette maladie.
- ◆ **L'hypothyroïdie:** maladie hormonale qui touche un nouveau-né sur 3'500 environ. La glande thyroïde du nouveau-né sécrète trop peu d'hormones, ce qui affecte tout le métabolisme (frein de la croissance et ralentissement du développement cérébral). Un médicament adéquat contenant l'hormone manquante permet d'éviter ces conséquences.
- ◆ **Le déficit en MCAD (*Medium-Chain-Acyl-CoA-Dehydrogenase*):** maladie du métabolisme qui touche un nouveau-né sur 10'000 environ. Ce déficit est congénital. Il empêche l'utilisation des réserves en acides gras du tissu grasseux. L'enfant doit puiser dans ses réserves, provoquant notamment des vomissements, un jeûne, de la fièvre, la somnolence, des nausées, voire le coma. À noter que lorsque cette maladie n'est pas identifiée à temps et qu'elle conduit à la mort, les causes du décès peuvent être attribuées à celles d'une mort subite et inexplicable du nourrisson [Kinderspital ZH, 2006]. Une alimentation riche en hydrates de carbone permet d'éviter cette maladie.

- ◆ **La galactosémie:** maladie du métabolisme qui touche un nouveau-né sur 55'000 environ. Le nouveau-né ne tolère pas le galactose contenu dans le lait maternel, le lait de vache et dans plusieurs aliments. Les lésions peuvent toucher le foie, les reins, les yeux et le cerveau. L'exclusion rigoureuse du galactose permet d'éviter cette maladie.
- ◆ **Le syndrome adréno-génital:** maladie hormonale qui touche un nouveau-né sur 9'000 environ. Les glandes surrénales sécrètent trop peu de cortisol et trop d'hormones sexuelles masculines. Le manque de cortisol peut avoir pour conséquence un taux de sucre trop faible dans le sang et une perte de sel dans les urines. Quant à l'excès d'hormones masculines, il peut freiner la croissance et conduire à la stérilité chez les garçons. Pour maintenir un équilibre dans l'organisme, il convient de prendre des comprimés contenant les hormones manquantes.
- ◆ **Le déficit en biotinidase:** maladie du métabolisme qui touche un nouveau-né sur 55'000 environ. Ce déficit entrave le mécanisme de recyclage de la vitamine biotine qui est nécessaire à l'organisme. Sans biotinidase, la biotine est perdue, ce qui acidifie le sang et perturbe le fonctionnement du cerveau. Prendre des comprimés contenant de la biotine permet d'éviter cette maladie.

Les coûts du dépistage de ces six maladies (Fr. 27.-) sont pris en charge par les Caisses maladies. Les quelques gouttes de sang nécessaires au dépistage sont apposées en six spots sur une carte spécifique (cf. annexe 4) à laquelle un numéro unique est attribué. La carte comporte aussi diverses rubriques (dont le nom et le prénom de l'enfant, le sexe, la date de naissance, le nom de l'hôpital ou le nom de la sage-femme, les coordonnées de l'hôpital ou de la sage-femme). Depuis fin 2005, toutes les cartes utilisées en Suisse sont centralisées au *Screeninglabor*, laboratoire « Dépistage Néonatal Suisse » du *Kinderspital* de Zürich (soit environ 1'500 cartes par semaine). Avant cette date, cet hôpital centralisait les cartes de la Suisse orientale, tandis qu'un laboratoire bernois subventionné par la Croix-Rouge suisse centralisait celles de la Suisse occidentale. Il est intéressant de noter que cette centralisation qui couvre 99,9% des naissances s'effectue sans contrainte légale ou administrative (certains pays européens ont une loi qui impose une centralisation nationale). Dans de rares exceptions, soit moins de dix cas par an (naissance survenue dans une secte par exemple), les parents peuvent s'opposer au prélèvement de sang. Dans ce cas, ils doivent apposer leur signature sur une carte vierge.

Après examens, les cartes contenant le solde des spots de sang sont conservées, avec leurs données administratives, au *Screeninglabor* durant dix ans, puis elles

sont anonymisées par dissociation d'avec leurs données administratives. Dès cet instant, les spots de sang servent à des fins de recherches (évolution du taux d'iode dans le sang en Suisse durant des périodes spécifiques par exemple). Quant aux données administratives, elles sont conservées seules durant dix années supplémentaires.

À ce jour, le *Kinderspital* de Zürich n'a jamais été mandaté pour apporter son appui lors d'investigations à caractère judiciaire. Cet état de fait caractérise l'indépendance de l'exploitation des données et prouve la rigueur des limites respectées sans force de loi⁸⁶. Pourtant, même si cette situation est tout à l'honneur des responsables, elle peut surprendre. En effet, pour deux situations au moins, l'exploitation des données ou des prélèvements apporterait une aide précieuse: l'identification de personnes décédées et la détermination de l'âge d'une personne.

Concernant l'identification de personnes décédées, ces cartes de prélèvement constituent un référentiel d'identifiants directs (et indirects, cf. sous-chapitre 7.5.2). Puisque des profils d'ADN peuvent être établis avec le solde des prélèvements de sang, ces cartes permettraient d'identifier des enfants âgés de moins de 10 ans.

Exemple 25 :

Décembre 2004, Thaïlande: un père de famille, séparé, est en vacances avec ses deux fils âgés de 8 et 12 ans. Après le passage du tsunami, ses deux fils sont portés disparus. Ces enfants étant domiciliés dans le canton de Vaud, des dossiers AM sont constitués: signalements, photographies, prélèvements ADN des parents, recherches d'empreintes au domicile et informations dentaires (les enfants avaient des dents saines).

En mai 2005, la commission d'identification confirme une correspondance entre les empreintes digitales d'un enfant décédé en Thaïlande et des empreintes digitales relevées au domicile vaudois. Les informations dentaires sont insuffisantes pour déterminer s'il s'agit de l'aîné ou du plus jeune. Les examens ADN confirment qu'il s'agit d'un enfant du couple en deuil, mais ne peuvent apporter davantage de précision.

Dans l'incertitude de pouvoir annoncer une identité précise, les autorités décident d'attendre avant de faire une annonce aux parents. Cette stratégie s'avéra judiciaire car quelques jours plus tard, le deuxième enfant est identifié.

Dans cet exemple, les empreintes digitales et les analyses génétiques n'ont pas permis de distinguer les identités civiles. Les informations dentaires étaient insuffisantes (constatation peu surprenante avec des enfants). Dans ce contexte particu-

86 En Suisse, il n'est pas exclu que les conditions cadre d'un tel dépistage puissent faire l'objet d'une ordonnance ou d'une loi ces prochaines années.

lier, le recours aux cartes de prélèvements sanguins aurait pu constituer une alternative. La carte du plus jeune était disponible et pas encore anonymisée.

La deuxième situation susceptible d'exploiter ces cartes de prélèvement sanguin est la détermination précise de l'âge d'une personne. Les données administratives sont conservées quelque 20 ans, une durée suffisante pour déterminer, par exemple, si les personnes en question sont mineures ou non.

Exemple 26 :

Mai 2005, Martigny (VS): des doutes apparaissent sur la prise de poids d'une jeune fille. Un test de grossesse est réalisé, indiquant un résultat positif. La jeune fille est enceinte de 7 mois.

Les investigations conduisent les enquêteurs à suspecter un homme de plus de 60 ans d'être le père de l'enfant. L'homme reconnaît avoir eu des relations sexuelles avec la jeune fille, mais les analyses ADN, réalisées après la naissance de l'enfant, le disculpent d'en être le père. Finalement, la paternité sera attribuée, par analyses génétiques, au demi-frère de la jeune fille. Les deux adolescents vivaient sous le même toit.

En parallèle à ces recherches, une polémique s'amorce sur l'âge réel de la jeune fille. Pour diverses raisons, il apparaît assez rapidement que sa date de naissance n'est pas certaine. Pour le magistrat en charge du dossier, la question primordiale est de savoir si la mère est majeure (les peines encourues pour l'homme âgé et pour le demi-frère en dépendent).

Un institut de médecine légale est mandaté. Les examens entrepris concernent la morphologie du corps (dont la denture). Ces examens aboutissent à une estimation très large: entre 12 et 18 ans (en Suisse, la majorité sexuelle est fixée à 16 ans). Le tribunal a retenu la valeur la plus favorable aux accusés, soit 18 ans.

Dans ce genre de situations, la consultation des données administratives du dépistage néonatal, pour autant qu'elles soient disponibles, peut apporter une réponse fiable et précise.

4. Banques de données

La plupart des pays qui ont constitué des banques de données avec les empreintes digitales de personnes ayant commis des infractions, des délits ou des crimes ont créé des banques de données avec les profils d'ADN d'une partie de ces personnes (en règle générale, seules les empreintes digitales sont saisies pour des infractions mineures, alors que les empreintes digitales et les profils d'ADN sont enregistrés pour des délits et des crimes). En Suisse, c'est la banque de données CODIS qui contenait, au 01.07.2009, près de 110'000 profils de personnes (pour près de 23'000 traces relevées sur des lieux de délits). En France, c'est le FNAEG

(Fichier National Automatisé d'Empreintes Génétiques), créé en 1998 [Cabal, 2003]. La Grande-Bretagne⁸⁷, la Belgique, l'Italie, le Canada et les États-Unis, parmi d'autres, gèrent des banques de données comparables⁸⁸.

L'utilisation de cette banque de données suisse est régie par la loi qui autorise aussi les enregistrements de « ... *profils d'ADN des matériels biologiques attribuables à des personnes disparues* » [Loi sur les profils d'ADN, 2003](art. 11, alinéa 2, lettre b). Comme indiqué au chapitre 1 (Introduction), au 01.07.2009, CODIS contenait les profils de 147 personnes portées disparues.

Sur le plan européen, les recherches dans les banques de données respectives sont possibles, mais il n'existe pas encore une banque de données ADN centralisée digne de ce nom. Sur un plan plus large, Interpol se met à disposition pour gérer des profils d'ADN, mais les législations nationales des pays membres en freinent les transmissions.

En règle générale, la découverte d'un profil d'ADN dans une banque de données donne accès, via des procédures précises, aux informations administratives personnelles, informations annoncées au moment du prélèvement ADN dans un service de police. En cas de correspondance avec un profil d'ADN PM, c'est ainsi une identité civile qui est reportée. Dans ce contexte, le fait qu'un profil d'ADN désigne une identité civile et non biologique peut surprendre. La réponse est simple. L'ADN n'est que le moyen d'individualiser la personne parmi plusieurs. Mais les informations biologiques révélées ne permettent pas de situer l'individu dans une famille ou dans un groupe spécifique. Des informations civiles étant liées au profil AM, ce sont elles qui deviennent déterminantes pour qualifier la personne décédée. Cette remarque s'applique aux quatre référentiels d'identifiants directs précités.

Il apparaît ainsi que les référentiels d'identifiants directs tendent toujours vers la détermination d'une identité civile.

87 Fin 2008, la Cour européenne des droits de l'homme a ordonné à ce pays la destruction de 857'000 profils d'ADN de personnes arrêtées mais jamais reconnues coupables. Cette décision impose des modifications de lois.

88 Certaines banques de données ont été constituées avec les profils d'ADN de personnes décédées non identifiées. En ce sens, il ne s'agit plus de référentiels directs, mais des profils d'ADN PM. C'est le cas aux États-Unis où des milliers de restes à l'état squelettique ont conduit à la constitution d'un programme d'étude et d'une banque de données nationale (*National Missing Person DNA Database Program*) [Nelson et Melton, 2007]. C'est aussi le cas en Suisse où la loi autorise les enregistrements des profils d'ADN de personnes décédées non identifiées [Loi sur les profils d'ADN, 2003](art. 11, alinéa 2, lettre a). Comme indiqué au chapitre 1 (Introduction), au 01.07.2009, CODIS contenait les profils de 171 personnes décédées non identifiées.

7.5.2. Référentiels d'identifiants indirects

Lorsque le profil d'ADN d'une personne décédée ne peut pas être comparé à celui d'un identifiant direct fiable, les enquêteurs tentent de localiser les proches parents de la personne dont l'identité civile est supposée pour évaluer la plausibilité de liens biologiques via des analyses génétiques.

Le fait de rechercher des proches parents ne suffit pourtant pas à conclure que ce sont des liens de parenté qui seront vérifiés. Dans la plupart des cas, il est vrai que les liens biologiques sont conformes aux liens de parenté. Pourtant, il est important de préciser que les liens vérifiés par les analyses génétiques ne sont que biologiques. La famille est une construction sociale où les liens tissés ne sont pas forcément génétiques (en cas d'adoption par exemple, les liens familiaux sont présents sans liens biologiques, tout comme la génétique peut apporter la preuve que certains pères ne sont pas les pères biologiques de leurs enfants). C'est pourquoi la distinction sera faite entre les liens de parenté (résultant d'informations civiles et sociales) et les liens biologiques (révélés par des analyses génétiques). Avant que des analyses génétiques n'aient été réalisées, les liens biologiques sont supposés en fonction des liens de parenté connus.

5. Référentiels d'échantillons biologiques de proches parents

Dans la plupart des cas pour lesquels un identifiant indirect est recherché, des proches parents sont disponibles et se soumettent à des prélèvements⁸⁹, de telle sorte qu'il n'est pas nécessaire de rechercher des échantillons biologiques. Toutefois, les suggestions indiquées pour les échantillons biologiques relatifs à un identifiant direct restent valables pour localiser un identifiant indirect. C'est le cas par exemple des hôpitaux, des laboratoires d'analyse et même des cartes de prélèvement sanguin du dépistage néonatal. En effet, le profil d'ADN établi avec le solde des prélèvements de sang d'un enfant est un identifiant indirect pour ses parents si ceux-ci décèdent dans les dix années qui suivent la naissance de l'enfant. Si l'enfant est vivant, il sera évidemment un donneur recherché. Mais si l'enfant est décédé, il faut se souvenir que sa carte de prélèvement sanguin du dépistage néonatal est archivée.

Il est entendu qu'une identité civile précise doit être liée aux identifiants indirects. En règle générale, les proches sont vivants et peuvent se légitimer. Mais comme relevé pour les référentiels d'identifiants directs, il est très important de do-

⁸⁹ Les prélèvements en question sont des frottis de la muqueuse jugale (FMJ).

cumenter les informations des identités civiles au moment des prélèvements (cf. formulaire de l'annexe 5).

Au sujet des liens de parenté, il est aussi très important de documenter la nature exacte des liens. Si les enquêteurs indiquent au généticien que le prélèvement a été réalisé sur un demi-frère, il importe de préciser si le donneur et la personne supposée ont en commun le père ou la mère. Sans ces précisions, des confusions peuvent apparaître, en particulier sur le sens à donner aux résultats génétiques. Par exemple, si le donneur et la personne supposée n'ont que le père en commun, le généticien peut envisager une analyse du StrY comme examen complémentaire. Par contre, s'ils n'ont que la mère en commun, le StrY n'apportera pas d'information pertinente et il conviendra d'analyser l'ADNmt. L'absence de précision de ce type a été observée lors des attentats du 11 septembre 2001 (2'792 personnes décédées) ou plusieurs enquêteurs devaient procéder aux prélèvements sur les proches parents de personnes portées disparues. Dans un document résumant les enseignements des procédures appliquées, [Gonzales et al., 2006] relèvent qu'il est important de préciser ces liens, en particulier lorsque les situations familiales sont complexes (familles recomposées, demi-frères, seconde épouse par exemple). Ces auteurs proposent un petit arbre généalogique sur lequel le donneur se situe par rapport à la personne portée disparue (cf. annexe 6). Cette solution est simple et peut aider des enquêteurs mandatés pour collecter les prélèvements.

6. Banques de données de profils d'ADN de proches parents

Les profils d'ADN des référentiels cités ci-dessus peuvent être introduits dans des banques de données. En Suisse, la loi sur les profils d'ADN permet d'enregistrer dans CODIS, avec leur consentement écrit, les profils des parents de personnes décédées ou disparues qui doivent être identifiées hors procédure pénale [Loi sur les profils d'ADN, 2003](art. 6, al. 4 et art. 11, alinéa 2, lettre c). Au 01.07.2009, CODIS contenait les profils d'ADN de 165 proches parents de personnes portées disparues. À noter que le consentement des proches, exigé par la loi, peut être intégré dans le formulaire documentant leur identité civile (cf. annexe 5).

Lorsque la comparaison des profils d'ADN de la personne décédée et du donneur confirme le lien biologique supposé, c'est une identité biologique qui est établie. En soi, le résultat génétique n'est pas le garant de l'identité civile de la personne décédée. Les seules informations civiles à disposition, soit celles du donneur, ne concernent pas la personne décédée. Avec un identifiant indirect, l'ADN est le moyen qui permet de déterminer quels sont les liens biologiques entre les

deux individus dont les profils sont comparés. Les informations biologiques révélées permettent de situer la personne décédée par rapport au donneur, soit par extrapolation dans une famille, par exemple, ou dans un groupe spécifique.

Il apparaît ainsi que les référentiels d'identifiants indirects tendent toujours vers la détermination d'une identité biologique.

7.6. Comparaisons AM-PM

Les processus de comparaison AM-PM sont distincts selon que l'identifiant est direct ou indirect.

7.6.1. Comparaisons avec un identifiant direct

Dans le cadre de ce processus, le profil génétique d'une personne décédée est comparé au profil d'une personne portée disparue. Si l'identité civile supposée est correcte, et si les effets PM n'ont pas altéré l'ADN de la personne décédée, les deux profils doivent être non différenciables. Les examens génétiques permettent de déterminer si les caractéristiques révélées sont suffisamment singulières pour établir un lien fiable entre l'identifiant direct et la personne décédée (c'est la réponse à la première question posée au spécialiste⁹⁰). Mais en soi, même dans le meilleur des cas, ces examens ne livrent pas une identité civile. La correspondance entre les deux profils d'ADN permet de reporter l'identité civile liée au profil de comparaison vers la personne décédée (question 2⁹¹). D'où l'importance de pouvoir compter sur des référentiels au sein desquels les identités civiles ont été documentées.

La valeur d'une correspondance entre deux profils d'ADN se calcule en fonction des fréquences des allèles détectés (cf. sous-chapitre 7.3, Inter-variabilité de l'ADN). Ainsi, même dans les situations les plus favorables où cette valeur est très élevée, le langage utilisé par les généticiens ne conduit pas à une individualisation au sens propre. « *The estimated frequency of the profile of the crime scene sample and that of the reference sample of the suspect may be vanishingly small, there is still no logical basis on which the forensic scientist could pronounce them to have*

90 Rappel: ① *L'identifiant examiné, parmi plusieurs possibles, révèle-t-il des caractéristiques suffisamment singulières pour établir un lien fiable avec la personne décédée ?*

91 Rappel: ② *Dans quelle mesure l'identifiant examiné permet-il de déterminer l'identité civile de la personne décédée ?*

the same origin. DNA characteristics are essentially class characteristics, which, as Thornton & Peterson put it '...do not, and cannot establish uniqueness' » [Broeders, 2006](pp.155).

7.6.2. Comparaisons avec un identifiant indirect

Le principe de ce processus est de comparer le profil génétique de la personne décédée avec le profil d'un de ses proches parents. Si l'identité civile supposée de la personne décédée est correcte et si les effets PM n'ont pas altéré son ADN, les deux profils comparés doivent révéler le lien biologique escompté. Dans cette configuration, les deux profils ne sont pas les mêmes (sauf dans le cas où le donneur est le vrai jumeau de la personne décédée).

Avant de pouvoir disposer de profils d'ADN, d'autres caractéristiques biologiques étaient déjà utilisées pour vérifier les liens entre différentes personnes. Il s'agit par exemple de l'utilisation des groupes sanguins ou des groupes enzymatiques. Un des premiers cas cités dans la littérature est celui de l'exemple 27.

Exemple 27 [Kuo, 1982]:

Août 1979, États-Unis: une jeune femme est annoncée portée disparue.

Rapidement, les enquêteurs émettent l'hypothèse que la jeune fille a été kidnappée. Ils se rendent à son domicile où ils découvrent divers vêtements tachés leur permettant de supposer qu'ils ont désormais des échantillons sanguins de la disparue.

Un suspect, propriétaire d'un bateau, est arrêté. Son embarcation est examinée et du sang y est découvert. Ce sang s'avère d'un type différent de celui du propriétaire, mais comparable à celui attribué à la disparue. Par contre, la fréquence de ce type sanguin est insuffisante (10%) pour que le suspect soit inquiété.

Les généticiens tentent alors de lier le sang découvert sur le bateau avec les parents de la personne portée disparue. De la sorte, ils vont démontrer que les parents font partie des 0,77% des couples de la population générale capables de transmettre les caractéristiques détectées sur la tache de sang découverte sur le bateau. Ce moyen de preuve fut accepté.

Désormais, lorsque des profils d'ADN sont disponibles, ce sont eux qui sont exploités pour vérifier les liens biologiques. À nouveau, la génétique utilise les fréquences pour évaluer la probabilité que deux personnes partagent un lien biologique. La table 7.3 indique les neuf configurations de génotypes possibles entre deux personnes pour chaque marqueur.

Table 7.3 - Configurations de génotypes possibles entre deux personnes pour un marqueur donné.

Configurations	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Personne décédée	a-a	a-a	a-a	a-a	a-b	a-b	a-b	a-b	a-b
Autre personne	a-a	a-b	b-b	b-c	a-b	a-a	a-c	c-d	c-c

Des formules spécifiques permettent de calculer les probabilités d'observer chacune de ces neuf configurations dans l'hypothèse où le lien biologique est avéré. Il existe ainsi neuf formules [Coquoz et Taroni, 2006]. Il est logique de considérer que ces probabilités doivent varier selon le type de lien biologique supposé. Pour atteindre cet objectif, et puisque les fréquences des allèles ne dépendent pas du type de lien biologique supposé, ces formules intègrent trois variables:

- ◆ k_0 : probabilité de n'avoir aucun allèle en commun par héritage (configuration 4 par exemple),
- ◆ k_1 : probabilité d'avoir un des deux allèles en commun par héritage (configuration 7 par exemple),
- ◆ k_2 : probabilité d'avoir les deux allèles en commun par héritage (configuration 5 par exemple).

Les valeurs attribuées à ces trois variables changent selon le lien biologique supposé (cf. table 7.4).

Voici trois exemples d'application avec aucun, un ou deux allèles en commun entre le résultat d'un marqueur analysé sur la personne décédée et le résultat du même marqueur analysé sur un donneur. Soit le marqueur D3S1358 pour lequel la personne décédée présente le génotype 14-15. Les fréquences respectives des allèles 13, 14, 15 et 18 sont de 0,1%, 10%, 25% et 17%.

- ◆ Cas 1: Pour le même marqueur, le donneur présente le génotype 13-18 (configuration 8). La formule (7.2) indique la probabilité du lien biologique supposé.
- ◆ Cas 2: Pour le même marqueur, le donneur présente le génotype 14-14 (configuration 6). La formule (7.3) indique la probabilité du lien biologique supposé.
- ◆ Cas 3: Pour le même marqueur le donneur présente le génotype 14-15 (configuration 5). La formule (7.4) indique la probabilité du lien biologique supposé.

$$0 \cdot k_2 + 0 \cdot k_1 + 2p_c p_d \cdot k_0, \quad (7.2)$$

$$1 \cdot k_2 + p_b \cdot k_1 + p_a \cdot k_1 + 2p_a p_b \cdot k_0, \quad (7.3)$$

$$0 \cdot k_2 + p_a \cdot k_1 + p_a^2 \cdot k_0. \quad (7.4)$$

Dans le cas 1, la probabilité que la personne décédée soit l'enfant du donneur est nulle car il n'existe aucun allèle en commun entre ces deux personnes, ce qui n'est pas possible entre un père biologique et son enfant.

Les trois cas présentés montrent, pour un seul marqueur, que les probabilités les plus élevées ne sont pas toujours celles qui proviennent du même donneur. Pour le cas 1, les valeurs les plus élevées sont celles d'un cousin, pour le cas 2 celles d'un père et pour le cas 3 celles d'un frère. Pour les mêmes profils d'ADN, sur le marqueur suivant, cette situation peut changer.

Table 7.4 - Probabilités d'observer les configurations indiquées entre deux personnes dans l'hypothèse où le lien biologique est avéré. Les fréquences respectives des allèles 13, 14, 15 et 18 sont de 0,1%, 10%, 25% et 17%.

Liens biologiques	k_0	k_1	k_2	<i>Cas 1</i>	<i>Cas 2</i>	<i>Cas 3</i>
				14-15 13-18	14-15 14-14	14-15 14-15
<i>Valeurs indiquées par les formules</i>						
Si le donneur est le père	0	1/2	0	0	0,05	0,17
Si le donneur est un frère	1/4	1/4	1/4	0,00008	0,02	0,35
Si le donneur est un petit-fils	1/2	1/4	0	0,0001	0,03	0,11
Si le donneur est un cousin	3/4	1/8	0	0,0002	0,02	0,08

Avec des référentiels indirects, la situation la plus favorable est de disposer des parents biologiques (mère et père) de la personne dont l'identité est supposée. Dans cette situation, les allèles des génotypes homozygotes doivent se trouver chez la mère et chez le père tandis que les allèles des génotypes hétérozygotes doivent être présents l'un chez la mère, l'autre chez le père. Les valeurs probantes du lien génétique calculées avec des ascendants ou des descendants directs (mère, père, enfants) sont plus élevées que celles calculées avec des membres de la fratrie. Les enfants d'un même couple peuvent avoir hérité, pour chaque marqueur, de deux allèles en commun (dans le meilleur des cas), d'un seul allèle en commun, ou d'aucun (dans le pire des cas). Plus le donneur s'écarte d'une position d'ascendant ou de des-

endant direct, plus la valeur probante du lien génétique diminue. C'est pourquoi, en ce qui concerne les identifiants indirects, il est recommandé de favoriser les ascendants et descendants directs [Gremaud et al., 2008].

Le recours à des identifiants indirects permet au spécialiste de répondre à la première question qui lui est posée, à savoir si les caractéristiques révélées sont suffisamment singulières pour établir un lien fiable entre le donneur et la personne décédée. Par contre, concernant l'identité civile, la problématique de la question 2 se pose en des termes différents que ceux présentés pour les identifiants directs. Les examens génétiques ne fournissent que des informations biologiques. En ce sens, ils permettent de confirmer ou d'infirmer l'identité biologique de la personne décédée. Quant à son identité civile, il ne s'agit que d'une déduction amorcée par les résultats génétiques. Deux sources d'incertitude entrent en jeu: d'une part l'identité civile du donneur et, d'autre part, le nombre de personnes portées disparues pouvant présenter le même type de lien biologique que celui constaté entre la personne décédée et le donneur.

L'identité civile du donneur

La première source d'incertitude est comparable à celle citée pour les identifiants directs et elle justifie une documentation rigoureuse de l'identité civile du donneur lors du prélèvement. Pour confirmer (ou infirmer) que la personne décédée est le fils de Madame B., par exemple, il est important de s'assurer de l'identité civile de Madame B. Lorsque les résultats génétiques confirment le lien biologique mère-fils, l'identité civile du fils n'est correctement déduite que si l'identité civile de la donneuse est effectivement celle de sa mère (sinon il s'agit d'un couple mère-fils, mais d'une autre famille).

Ainsi, l'interprétation des résultats génétiques dépend, en partie, de la fiabilité de l'identité civile du donneur.

Le nombre de personnes portées disparues pouvant présenter des liens biologiques comparables

Ce paramètre représente une source d'incertitude spécifique aux identifiants indirects. Étant donné que les analyses génétiques réalisées avec un référentiel indirect ne livrent que des informations relatives à l'identité biologique, il convient de prendre en compte l'ensemble des personnes portées disparues pouvant présenter le même type de liens biologiques que celui constaté entre la personne décédée et le

donneur. Lorsqu'il y a exclusion entre la personne décédée et le donneur, ce nombre n'importe pas. Par contre, en cas de lien biologique plausible, il faut déterminer combien de personnes peuvent présenter un résultat comparable. Et plus ce nombre est élevé, plus il est difficile d'en déduire l'identité civile de la personne décédée.

Exemple: suite à la découverte d'un corps, Madame B. est la donneuse pour identifier son fils. Un lien mère-fils est confirmé par la génétique. Si Madame B. n'a qu'un seul fils et que celui-ci est porté disparu, la valeur probante du lien mère-fils est celle qui peut être reportée sur l'identité civile de la personne décédée. Par contre, si Madame B. a deux fils, tous deux portés disparus, le résultat génétique ne permet pas, à lui seul, de déterminer de quel fils il s'agit. La valeur probante qui peut être reportée sur l'identité civile de la personne décédée vaut la moitié de la valeur probante du lien mère-fils (il y a autant de chances qu'il s'agisse d'un fils que de l'autre, cf. exemples 25 et 28).

La tâche de rechercher le nombre de personnes portées disparues pouvant présenter le même type de liens biologiques est du ressort des enquêteurs.

Exemple 28 :

Louis-Charles de France (Louis XVII) est né au château de Versailles en 1785. Deuxième fils de Louis XVI, il n'est pas destiné à prendre la succession de son père. Mais le 4 juin 1789, son frère aîné, âgé de 7 ans, décède, ce qui fait de Louis-Charles le dauphin de France, puis le « prince royal » à partir de 1790.

À l'âge de 7 ans, il est emprisonné avec ses parents à la Prison du Temple. Il y meurt en 1795, deux ans après son père. Une autopsie est pratiquée en prison sur le corps du jeune prince et son cœur est "soustrait" par le chirurgien Philippe-Jean Pelletan. Le reste du corps est inhumé au cimetière Sainte-Marguerite, avant d'être recouvert de chaux vive. Les ossements n'ont jamais été retrouvés.

En 1828, Pelletan aurait confié ce cœur à l'archevêque de Paris qui l'aurait conservé à l'intérieur d'une urne en cristal. Après avoir été perdu, puis retrouvé, le cœur changea plusieurs fois de mains avant d'être placé, en 1975, dans la crypte royale de la basilique de Saint-Denis. Mais une question ne cessa d'être posée au fil des ans: s'agissait-il vraiment du cœur de l'enfant mort au Temple ?

En 2000, des analyses génétiques par comparaison d'ADN mitochondrial furent pratiquées par le professeur Jean-Jacques Cassiman de Leuven en Belgique et par le docteur Berndt Brinkmann de Muenster en Allemagne. Le profil obtenu avec le cœur du présumé Louis « XVII » fut comparé avec ceux établis à partir de cheveux provenant de Marie-Antoinette (la mère) et des sœurs de cette dernière, les Archiduchesses d'Autriche. Les deux experts conclurent que le cœur examiné provenait bien d'une personne apparentée par lignée maternelle.

Si pour les uns ce résultat apportait la preuve définitive qu'il s'agissait bien du cœur de Louis XVII, la polémique se poursuit de nos jours. En effet, deux garçons au moins peuvent être désignés: Louis-Charles et son frère aîné. Il s'avère que le cœur de ce frère aîné avait lui aussi été conservé et embaumé selon la pro-

cédure propre aux cœurs princiers, traitement pourtant différent de celui réalisé sur le cœur soustrait par Pelletan. Mais tous les spécialistes en embaumement ne sont pas unanimes pour considérer qu'une distinction peut être faite selon ces traitements différenciés. C'est pourquoi il reste toujours une part d'ombre sur la réelle identité de la personne dont le cœur est placé, depuis le 8 juin 2004, dans la chapelle des Bourbons de la basilique Saint-Denis.

En dehors de l'ADN nucléaire, deux autres formes d'ADN sont utilisées en science forensique pour inférer des listes de liens apparentés possibles entre une trace et des sources putatives: l'ADN mitochondrial et le chromosome Y [Ribaux et al., 2006]. Présentés de façon succincte ci-après, ces ADN sont aussi utilisés pour vérifier à quelle lignée maternelle ou paternelle une personne décédée peut appartenir.

7.7. L'ADN mitochondrial (ADNmt)

L'ADN mitochondrial (ci-après ADNmt) est un outil d'identification apprécié pour sa résistance et sa stabilité. Grâce à la technique de la PCR, il peut être retrouvé après des centaines, voire des milliers d'années, dans du matériel humain comme des restes à l'état squelettique [Nelson et Melton, 2007]. De l'ADNmt a été retrouvé sur des momies égyptiennes ainsi que sur des mammouths vieux de plus de 150'000 ans. Le principal avantage de l'ADNmt est qu'il est présent en de nombreuses copies grâce au nombre élevé de mitochondries qu'abritent la plupart des cellules. En comparaison, pour 2 copies d'ADN nucléaire présentes dans une cellule, il y a entre 1'000 et 10'000 copies d'ADNmt [Coquoz et Taroni, 2006]. Son utilisation en science forensique est relativement récente, la première séquence du génome mitochondrial ayant été déterminée en 1981 seulement [Holland et Parsons, 1999].

L'ADNmt est hérité de la mère car il est en quantité importante dans les ovules (bien que dans certaines circonstances exceptionnelles, les quelques copies d'ADNmt paternel, présentes dans le sperme, puissent survivre [Coquoz et Taroni, 2006]). L'ADNmt se transmet sans recombinaison, mais avec des mutations possibles (la fréquence des mutations est de l'ordre de 0,4% par génération). De ce fait, plusieurs parents issus de la même lignée maternelle peuvent être des identifiants indirects: mère, frères et sœurs, ainsi que plusieurs personnes du cadre familial élargi. Cette caractéristique est intéressante dans les cas où les investigations ne permettent pas de découvrir un identifiant direct.

ADN circulaire ne contenant pas de séquences répétitives, l'ADNmt est constitué de variations de séquences qui se localisent dans des régions de contrôle. C'est à nouveau la PCR qui a permis, dès 1987, d'étudier ces variations de séquences et d'en déterminer la longueur. Un point de référence, appelé point zéro, permet de délimiter deux régions de contrôle principales: HV1 (région hypervariable 1) et HV2 (région hypervariable 2). D'autres régions variables peuvent être examinées en certaines circonstances (VR1 et VR2, cette dernière région étant parfois désignée HV3).

L'ADNmt est très sensible aux contaminations, ce qui rend son exploitation en laboratoire plus délicate que celle de l'ADN nucléaire. De plus, les séquences détectées s'avèrent beaucoup moins sélectives que celles de l'ADN nucléaire, ce qui restreint sa capacité d'individualisation. « *Les risques que l'on trouve la même séquence chez deux individus pris au hasard sont de l'ordre de 1 sur 1000 en moyenne. Avec cette analyse, il est donc exclu de pouvoir affirmer qu'une trace provient d'un individu à l'exclusion de tout autre sur cette planète, affirmation qui est par contre envisageable avec l'analyse de l'ADN nucléaire* »[Coquoz et Taroni, 2006](pp.124-126).

Les polymorphismes de séquences découverts sont exprimés en référence à des standards (*revised Cambridge Reference Sequence*, rCRS). Sur cette base, l'ADNmt prend la forme d'un profil dont les allèles sont appelés haplotypes. Comme pour le profil d'ADN, ce profil ne représente qu'une partie seulement de l'ensemble des caractéristiques des nucléotides des régions hypervariables. Beaucoup d'études ont examiné la diversité et l'hétérogénéité des profils d'ADNmt au sein de plusieurs populations et diverses banques de données sont disponibles. [Melton et al., 2001] ont étudié, via l'ADNmt, plusieurs types de populations. Leurs résultats ont été publiés en 1996 pour la population asiatique, en 1997 pour les populations européenne et africaine et en 2001 pour la population de l'Amérique du Nord. En utilisant 21 marqueurs SSO⁹² détectant des variations dans 8 régions de l'ADNmt, soit 4 dans la première région hypervariable et 4 dans la seconde, ils ont démontré que l'ADNmt permet de distinguer les principaux groupes continentaux. La plus grande valeur discriminante (0,998 en moyenne) apparaît pour la population Afro-Américaine. Cependant, même si le nombre d'études croît d'année en année, le nombre de personnes dont les profils d'ADNmt ont été établis et enregistrés reste assez modeste. Au fil du temps, les fréquences attribuées aux séquences sont susceptibles de se modifier et les valeurs probantes pourraient devenir plus intéressantes.

92 SSO: *Sequence-Specific Oligonucleotide*.

Concernant son potentiel d'identification, [Holland et Parsons, 1999] soulignent que l'ADNmt n'est pas aussi puissant que l'ADN nucléaire. Mais ils considèrent qu'en de rares occasions, l'ADNmt peut avoir valeur de preuve d'identification: lorsque la population d'intérêt est limitée, comme un crash d'avion par exemple (*closed set*). Dans ce cas, le potentiel d'identification s'accroît car le nombre de personnes est restreint et que le processus appliqué est essentiellement un processus d'élimination.

Modifications PM

Par rapport à l'ADN nucléaire, l'ADNmt résiste assez bien au processus de la mort en raison de sa taille, plus petite, et en raison du nombre de ses copies, plus élevé. « *De plus, les chances de survie de l'ADNmt sont peut-être augmentées par sa localisation à l'intérieur des mitochondries, localisation qui le protège peut-être des dégradations accompagnant la mort cellulaire programmée* » [Coquoz et Taroni, 2006](pp.128). Ce n'est pas pour autant que l'ADNmt est doté d'une résistance à toute épreuve en cas de mort. Plusieurs études ont présenté les altérations PM que pouvait subir l'ADNmt. [Holland et al., 1993] ont constaté que plus les os d'un squelette sont poreux, plus le taux d'ADNmt extrait diminue. [Nelson et Melton, 2007] ont réalisé 116 extractions d'ADNmt sur des ossements humains (dont des fémurs, des tibias, des humérus, des côtes, des clavicules et des mandibules) ainsi que sur des dents dans le but d'évaluer la capacité à identifier des personnes. 83,6% des échantillons ont révélé des profils d'ADNmt complets ou partiels (92% pour les fémurs et 90% pour les dents). Les auteurs désignent différents facteurs susceptibles de perturber la découverte d'un profil d'ADNmt complet. Il s'agit de la taille des échantillons (les plus petits semblent davantage exposés à des contaminations diverses), des conditions environnementales défavorables (l'humidité, le feu par exemple) et de l'âge des personnes (après 50 ans, la probabilité d'obtenir un profil d'ADNmt dégradé augmente). Des échantillons très vieux et altérés ont révélé des dommages (ADNmt dégradé, contaminations avec d'autres ADN par exemple). Les échantillons ayant séjourné dans l'eau (de rivière ou d'océan) semblent beaucoup moins vulnérables que ceux soumis au feu. À ce sujet, tous les échantillons calcinés n'ont révélé aucun profil. Ce résultat corrobore celui obtenu sur des échantillons constitués d'ossements humains (sans dents) soumis à une température élevée (800 à 1'200°C⁹³) durant 20 minutes [Cattaneo et al., 1999]. Ces auteurs in-

93 Soit des températures de l'ordre de celles atteintes en cas d'incendies de bâtiments ou de véhicules.

diquent qu'après une exposition de 5 jours à 100°C, l'ADNmt atteint une limite à partir de laquelle son exploitation est compromise.

Exemple 29 [Holland et al., 1993]:

1984, États-Unis: le corps supposé être celui d'un aviateur américain porté disparu durant la guerre du Vietnam est acheminé au *Central Identification Laboratory* d'Honolulu, à Hawaii (CILHI)⁹⁴. Les processus d'identification impliquant des données dentaires et l'ADN nucléaire débouchent sur des échecs dus à des conditions PM extrêmes (chaleur et humidité).

En 1992, de nouvelles tentatives d'identification sont entreprises avec l'ADNmt. Le profil extrait du corps est comparé aux profils de la mère et des deux sœurs de l'aviateur. Les séquences découvertes sur le défunt et sur les donneuses sont comparables, séquences dont les fréquences sont estimées, en 1993, à 0,15% de la population locale et à 0,42% de la population caucasienne. Ces résultats ont été jugés suffisants pour considérer qu'il s'agissait bien de l'aviateur.

Exemple 30 [Holland et Parsons, 1999]:

Après la Révolution d'Octobre (1917) et après son abdication, le tsar Nicolas II est en résidence surveillée avec sa famille en Sibérie occidentale. Dès que les bolcheviks prennent le pouvoir, il sait que ses jours sont comptés.

En juillet 1918, la famille Romanov est emmenée dans une maison d'Ekaterinbourg pour y être assassinée. Les corps seront ensuite transportés dans un camion, puis enterrés dans une fosse au cœur d'un bois.

En 1990, des ossements humains sont découverts dans une région de l'Oural. Selon divers indices, il pourrait s'agir des restes de la famille du tsar. Les comparaisons de profils d'ADNmt obtenus sur ces ossements avec ceux prélevés sur des descendants du tsar permettent de confirmer cette hypothèse. Mais les deux corps de deux adolescents sont portés manquants: le fils du tsar, Alexis Nikolaïevitch, et sa fille Maria Nikolaïevna.

En 1998, suite à ces premières identifications, Nicolas II est inhumé avec sa famille incomplète dans la cathédrale Pierre-et-Paul de Saint-Petersbourg.

En 2007, des ossements sont à nouveau découverts dans une forêt de l'Oural. Ils sont examinés et une année plus tard, les analyses génétiques impliquant un broyage cryogénique soutiendront l'hypothèse qu'il s'agit des corps des deux adolescents. En automne 2008, après ce dernier épisode, la Cour Suprême de Russie réhabilite le dernier tsar russe et sa famille en tant que victimes de la répression politique des Bolcheviks.

94 Ce laboratoire de l'armée américaine est chargé d'identifier des victimes des anciennes guerres. Aux États-Unis, plus de 86'000 soldats sont toujours portés manquants après les deux premières guerres mondiales. Pour les conflits en Asie du Sud (Vietnam, Laos, Cambodge et Chine), ce nombre était de plus de 2'200 en 1992 [Holland et al., 1993].

7.8. Le chromosome Y (StrY)

Le chromosome Y (ci-après StrY) est le pendant masculin de l'ADNmt. Il est hérité par le père et n'est transmis qu'aux enfants de sexe masculin. Il se transmet sans recombinaison, mais avec des mutations possibles. Ainsi un homme a le même StrY que son père, que son fils, que son grand-père paternel ainsi que tous les descendants masculins de son arrière-grand-père. De ce fait, plusieurs parents issus de la même lignée paternelle peuvent être des identifiants indirects.

Contrairement à l'ADNmt, le StrY présente des séquences répétitives (STRs) et les résultats de son extraction se présentent sous la forme d'allèles dont la combinaison est appelée haplotype. Du fait que plusieurs individus peuvent être porteurs du même StrY, sa valeur probante est limitée [Coquoz et Taroni, 2006]. De plus, le présupposé d'indépendance des allèles détectés ne s'applique pas pour estimer la fréquence d'un haplotype car ses allèles ne sont pas issus d'une répartition hasardeuse. Sauf mutation, ils sont hérités sans changement. C'est pourquoi il est nécessaire de se référer à des banques de données pour connaître la fréquence d'un haplotype donné. À ce sujet, plusieurs banques de données ont été constituées, dont certaines sont disponibles sur le web⁹⁵.

95 Par exemple www.yhrd.org (dernière consultation le 21.07.2009).

Chapitre 8

MODÉLISATIONS BAYESIENNES

8.1. Introduction

« We think that Bayesian philosophy for the evaluation of evidence provides an universal language which should be adopted by all European laboratories, not only for DNA, but for all aspects of forensic interpretation. »

[Taroni et al., 2002](pp.27)

Lors d'un jugement, il est fréquent que la Cour doive faire la synthèse des résultats provenant de divers domaines forensiques. Cette tâche est rendue complexe et ardue lorsque chaque expert présente ses résultats sous une forme différente de celle des autres. C'est pourquoi certains spécialistes, dont les Anglo-Saxons, ont initié un concept permettant d'harmoniser la façon d'exprimer la valeur probante d'un examen, quel que soit le domaine en question. Ce concept est issu du théorème de Bayes. Il permet de fixer un cadre logique et rigoureux dans l'interprétation d'un résultat. Appliqué couramment pour les résultats d'ADN, ce langage universel est encouragé dans les autres domaines forensiques [Taroni et al., 2002].

L'idée d'appliquer une approche bayésienne dans l'interprétation d'éléments d'identification n'est pas nouvelle. En 1904, un comité de scientifiques chargés d'évaluer les indices recommandait déjà une structure bayésienne [Taroni et al., 1998]. Cette tendance s'est accentuée à la fin du siècle passé, notamment dans le cadre des procès pénaux [Finkelstein et Fairley, 1970], conduisant les spécialistes de nombreux domaines à adopter une telle approche [Lempert, 1991] [Saks et Koehler, 1991] [Champod et Taroni, 1993] [Champod et Taroni, 1994] [Aitken et Taroni, 1996] [Cook et al., 1998] [Champod, 2000] [Garbolino et Taroni, 2002] [Aitken et Taroni, 2004] [Taroni et al., 2006a].

Principe général

Le rôle du scientifique forensique est d'examiner le matériel disponible (en règle générale des traces ainsi que du matériel provenant de sources putatives). Les analyses réalisées à ce niveau doivent être fiables et exactes. Il s'agit là de la première exigence dont dépend la crédibilité de la preuve. La seconde exigence est d'évaluer la contribution du résultat des analyses en regard de deux propositions compétitives à l'intention de la Cour [Evet, 1998]. Dans la plupart des cas pénaux, ces deux propositions, exprimées sous la forme d'hypothèses mutuellement exclusives, représentent le point de vue du procureur (H_1 , *le suspect a laissé la trace examinée*) et celui du défenseur (H_2 , *quelqu'un d'autre que le suspect a laissé la trace examinée*).

L'approche bayésienne est la méthode par laquelle des chances⁹⁶ *a priori* en faveur d'une issue (le fait que suspect ait laissé la trace examinée, par exemple) peuvent être converties en chances *a posteriori* en prenant en considération une information (l'analyse de la trace par exemple) [Aitken et Taroni, 1997]. Cet aspect découle du théorème de Bayes qui dit que la probabilité d'une hypothèse sachant une nouvelle information peut se calculer en connaissant la probabilité *a priori* (avant cette nouvelle information) sur l'hypothèse et la valeur de cette nouvelle information (mesurée par une statistique appelée « rapport de vraisemblance »). En termes mathématiques, cette opération se décrit de la façon suivante:

$$\Pr(H_1 | E, I) = \frac{\Pr(H_1 | I) \cdot \Pr(E | H_1, I)}{\Pr(E | I)}. \quad (8.1)$$

Étant intéressé à comparer la force relative d'une hypothèse par rapport à une alternative, ce théorème peut s'exprimer sous la forme de « chances » :

96 Ces chances sont définies comme étant un rapport de probabilités (cf. formule (8.2)).

$$\frac{\underbrace{\Pr(H_1 | I)}_{\text{Chances a priori}}}{\underbrace{\Pr(H_2 | I)}_{\text{Chances a priori}}} \cdot \frac{\underbrace{\Pr(E | H_1, I)}_{\text{Likelihood Ratio}}}{\underbrace{\Pr(E | H_2, I)}_{\text{Likelihood Ratio}}} = \frac{\underbrace{\Pr(H_1 | I, E)}_{\text{Chances a posteriori}}}{\underbrace{\Pr(H_2 | I, E)}_{\text{Chances a posteriori}}}, \quad \text{où} \quad (8.2)$$

- ◆ $\Pr(H_1 | I)$ divisé par $\Pr(H_2 | I)$ indique les chances *a priori* que le suspect soit à l'origine de la trace, sachant les informations antérieures du dossier (I).
- ◆ $\Pr(H_1 | I, E)$ divisé par $\Pr(H_2 | I, E)$ indique les chances *a posteriori* que le suspect soit à l'origine de la trace, sachant les informations antérieures du dossier (I) et sachant le résultat annoncé par le spécialiste (E).
- ◆ $\Pr(E | H_1, I)$ divisé par $\Pr(E | H_2, I)$ indique la valeur probante des résultats de l'examen réalisé par le spécialiste. C'est le rapport de vraisemblance, ci-après LR (*likelihood ratio*).

Le LR devient un guide qui permet de voir dans quelle mesure l'examen du spécialiste soutient une hypothèse plutôt que l'autre, mais sans se déterminer sur les hypothèses elles-mêmes [Evet, 1998]. Ainsi :

- ◆ un LR plus grand que 1 soutient davantage H_1 que H_2 ,
- ◆ un LR plus petit que 1 soutient davantage H_2 que H_1 et
- ◆ un LR de 1 ne soutient ni H_1 , ni H_2 . Dans ce cas, l'examen du spécialiste est dit non pertinent car il n'apporte rien de déterminant.

Cette approche repose sur une modélisation de l'incertitude. Elle permet d'analyser, de critiquer, de contrôler la cohérence d'un raisonnement dans un cadre logique et de mettre à jour nos croyances au fur et à mesure que de nouvelles informations sont acquises (apprentissage par la connaissance) [Taroni et al., 2001].

Avantages

L'approche bayésienne présente plusieurs avantages. Le premier est peut-être de traiter dans une forme rigoureuse de la mesure de l'incertitude. Au tout début de leur ouvrage, [Taroni et al., 2006a] relèvent que la pertinence, selon la définition de FRE 401 (cf. sous-chapitre 4.1, Contexte général en science forensique), fait référence à cette incertitude. Celle-ci est omniprésente dans le travail du spécialiste, quel que soit son domaine et sous-tend chaque prise de décision. Un autre avantage est d'apporter un langage uniformisé pour des domaines divers. Selon [Evet, 1998], ce langage rigoureux formalisant le raisonnement pourrait

même constituer un des fondements en science forensique. Bien que cette approche ne permette pas en soi de vérifier des valeurs de référence, elle facilite l'intégration de probabilités dans le processus de prise de décisions que constitue un procès pénal [Champod et Taroni, 1994]. Elle permet aussi d'éviter les pièges de l'intuition et respecte les différents rôles des intervenants (experts, hommes de loi). La justice évalue les chances *a priori* et se détermine en fonction des chances *a posteriori*. Quant au spécialiste, son rôle se limite à exprimer, par le LR, la vraisemblance des résultats qu'il a obtenus selon les hypothèses alternatives retenues. C'est pourquoi, en termes bayesiens, le scientifique n'est jamais en position d'identifier [Champod, 2000].

Ces avantages ont conduit l'ENFSI (*European Network of Forensic Science Institutes*) à encourager l'adoption de ce langage dans des domaines tels que les empreintes digitales, les armes à feu ou les fibres. Adopter une approche unifiée dans des domaines différents permet de combiner l'ensemble des résultats pour produire un LR de synthèse [Aitken et Taroni, 2004] [Taroni et al., 2006a].

Modélisations – Réseaux bayesiens

Lorsqu'une problématique telle que l'identification de personnes décédées est traitée selon une approche bayésienne, il convient tout d'abord de formuler les hypothèses mutuellement exclusives qui seront évaluées par les examens entrepris. Puis il s'agit d'identifier les sources d'incertitude jugées déterminantes dans l'établissement du LR. Ces différents éléments peuvent être modélisés en un graphe acyclique dont chaque variable est représentée par un nœud. Chaque nœud est caractérisé par des états décrivant les valeurs que sa variable peut prendre. Des flèches, ou arcs représentent les dépendances directes entre les variables. La force des dépendances entre les variables est quantifiée par des distributions de probabilités associées à chaque nœud. C'est le principe des réseaux bayesiens, ou modélisations bayésiennes. Ce procédé permet de savoir comment les degrés de croyance évoluent suite à la prise en compte, de façon rationnelle, de données nouvelles. Par exemple, la formule (8.2), abstraction faite des informations antérieures du dossier, se modélise comme suit :

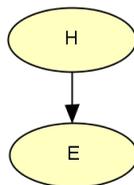


Fig. 8.1 - Exemple de modélisation avec deux variables.

Le nœud H est une variable pouvant présenter un certain nombre d'états (H_1 et H_2 par exemple). Par rapport au nœud E , c'est un nœud dit « parent ». Le nœud E , dit nœud « enfant », est une variable conditionnée à H . Pour chaque état de H , le spécialiste indique quelles sont les valeurs attribuées aux états de E (correspondance E ou non-correspondance $\neg E$ par exemple). Ainsi, dans l'hypothèse où c'est le suspect qui a laissé la trace (H_1), la probabilité de correspondance est maximale (valeur 1). Dans l'hypothèse où quelqu'un d'autre que le suspect a laissé la trace (H_2), la probabilité de correspondance est la fréquence des caractéristiques observées dans une population donnée (fréquence indiquée par γ).

Table 8.1 - Exemple de table de probabilités conditionnelles pour la variable E .

$H:$		H_1	H_2
$E:$	$E:$	1	γ
	$\neg E:$	0	$(1-\gamma)$

Avec ces valeurs, la modélisation de la figure 8.1 fournirait les informations suivantes ($\gamma = 0,01$):

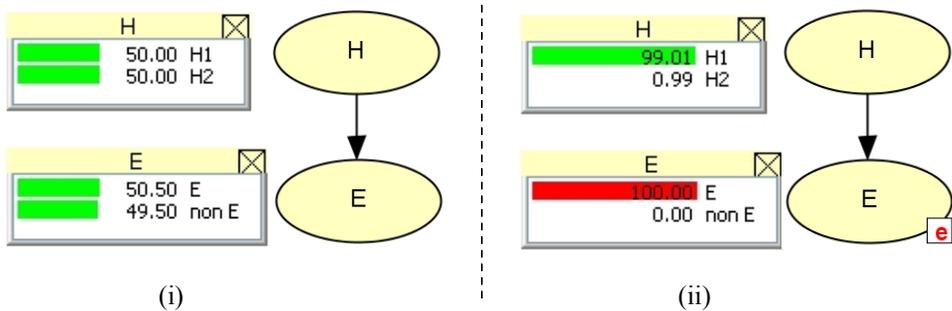


Fig. 8.2 - (i) : Situation initiale où $\Pr(H_1|I) = \Pr(H_2|I) = 50\%$. (ii) : situation en cas de correspondance. $\Pr(H_1|I, E) = 99,01\%$ (cf. formule (8.4)).

Une telle modélisation présente les hypothèses d'intérêt (H par exemple), les résultats auxquels le témoin ou le spécialiste peut arriver (E par exemple) et permet aussi d'intégrer l'ensemble des sources d'incertitude susceptibles d'influencer ces deux premières variables, chacune de ces sources pouvant être représentée par une variable. Le concepteur de la modélisation devra indiquer, via des tables de probabilités, la façon dont ces variables s'influencent. À chaque nouvelle information, une telle modélisation permet une propagation et une mise à jour des autres informations. Des logiciels permettent de constituer des tables de probabilités, de créer des modélisations et de réaliser des calculs, parfois complexes, respectant les règles des probabilités. Les modélisations présentées ci-

après seront des captures d'écran du logiciel Hugin Expert® (<http://www.hugin.dk>, dernière consultation le 02.08.2009).

Dans l'exemple de la figure 8.2, la situation initiale présente un *a priori* de 0,50. En cas de correspondance, un *a posteriori* de 0,99 est atteint pour H_1 par le calcul suivant. Selon la formule (8.1), et sachant que :

$$\Pr(E|I) = \Pr(E|I, H_1) \cdot \Pr(H_1|I) + \Pr(E|I, H_2) \cdot \Pr(H_2|I), \quad (8.3)$$

il découle que :

$$\Pr(H_1|E, I) = \frac{1 \cdot 0,5}{(1 \cdot 0,5) + (0,01 \cdot 0,5)} = 0,9901. \quad (8.4)$$

Étant intéressé au rapport de vraisemblance, celui-ci n'est que le rapport entre les chances *a posteriori* et celles *a priori*, ou, en référence à la formule (8.2) :

$$\frac{\Pr(E|H_1, I)}{\Pr(E|H_2, I)} = \frac{1}{0,01} = 100. \quad (8.5)$$

Pour un problème donné, les réseaux bayesiens indiquent les variables qui ont été retenues, montrent les dépendances parmi ces variables et permettent d'observer l'impact de chaque nouvelle information [Garbolino et Taroni, 2002].

Approche bayésienne pour les personnes décédées

L'approche bayésienne oblige à formuler avec précision et à bien définir des hypothèses concurrentes. En science forensique, ces hypothèses (ou propositions) peuvent être formulées à différents niveaux [Cook et al., 1998], dont les plus courants sont:

- ◆ le niveau source (le suspect est – ou non – à la source d'une trace);
- ◆ le niveau activité (le suspect a – ou non – commis une action);
- ◆ le niveau crime (le suspect est – ou non – l'auteur d'un délit ou d'un crime).

Dans le cadre de la reconnaissance et de l'identification de personnes décédées, les hypothèses qui seront formulées concerneront l'identité civile de la personne décédée. Il s'agit d'un niveau qui s'apparente à celui du niveau source, sans y correspondre tout à fait. En effet, concernant la première question à laquelle le spécialiste doit répondre⁹⁷, il importe de savoir si la source de l'identifiant est bien la personne décédée. À ce sujet, le niveau source s'applique. Par contre, en ce qui concerne la

97 Rappel: ① *L'identifiant examiné, parmi plusieurs possibles, révèle-t-il des caractéristiques suffisamment singulières pour établir un lien fiable avec la personne décédée ?*

détermination de l'identité civile, soit la seconde question⁹⁸, ce niveau ne s'applique plus. Ce pourrait être un niveau « identité de source », niveau spécifique de la source intégrant son identité civile en plus de sa désignation.

Déterminer l'identité civile d'une personne décédée par témoignage ou par comparaisons d'empreintes digitales, de données dentaires et de profils d'ADN procède d'une décision. Cette prise de décision résulte de la confiance qui peut être accordée au fait que l'identité civile de la personne décédée corresponde, ou non, à celle d'une personne supposée. Et puisqu'il est admis que rien n'est absolument certain, il est logique de déterminer le degré de confiance par une approche probabiliste [Kirk et Kingston, 1964]. Dans ce contexte, la prise de décision du témoin ou du spécialiste résultera de l'évaluation de deux hypothèses:

H_1 : L'identité civile de la personne décédée correspond à celle supposée.

H_2 : L'identité civile de la personne décédée ne correspond pas à celle supposée. Il s'agit de quelqu'un d'autre.

Le soutien accordé à une hypothèse en fonction des données analysées s'exprime par le rapport de vraisemblance (LR). Pour l'analyse d'un élément d'identification (E), le LR sera le rapport entre les deux expressions suivantes:

$\Pr(E | H_1, I)$: probabilité d'observer l'élément d'identification (E) avec les caractéristiques analysées dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1) et selon les informations antérieures du dossier (I).

$\Pr(E | H_2, I)$: probabilité d'observer l'élément d'identification (E) avec les caractéristiques analysées dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2) et selon les informations antérieures du dossier (I).

Ces deux expressions sont importantes car c'est d'elles que dépendra un soutien, *a posteriori*, vers H_1 ou vers H_2 . C'est pourquoi, en introduction des modélisations qui seront présentées, elles seront mentionnées de façon systématique en précisant la nature des éléments d'identification. Ce rappel aura pour but d'indiquer, en termes clairs, les résultats auxquels le témoin ou le spécialiste peut arriver. Quant aux différentes sources d'incertitude prises en compte, ce seront les variables identifiées comme pertinentes et spécifiques dans les chapitres précédents. Elles serviront à montrer au lecteur les paramètres susceptibles d'influencer, de façon plus ou moins importante, la valeur probante de la détermination du témoin ou du spécialiste.

98 Rappel: © Dans quelle mesure l'identifiant examiné permet-il de déterminer l'identité civile de la personne décédée ?

Dans le cas d'un témoignage, la variable E sera remplacée par une autre variable (R) indiquant la détermination du témoin suite à la présentation du corps.

Dans la détermination du LR, les valeurs du numérateur (exprimant l'intra-variabilité) et celles du dénominateur (exprimant l'inter-variabilité) peuvent être obtenues via des banques de données (valeurs objectives) ou, en leur absence, résulter des connaissances et des expériences de spécialistes (valeurs subjectives) [Aitken et Taroni, 1997] [Taroni et al., 2001] [Garbolino et Taroni, 2002].

L'approche proposée vise à évaluer la probabilité d'une identité civile correcte, même en cas de référentiel indirect (référentiel livrant, *a priori*, des informations sur l'identité biologique).

Remarques sur la population d'intérêt limitée

Comme indiqué au sous-chapitre 4.3 (Contexte de l'identification des personnes décédées), la population d'intérêt concernée dans les processus de reconnaissance et d'identification de personnes décédées est très spécifique (*closed set*). Il ne s'agit que des personnes portées disparues dont les caractéristiques correspondent à celles de la personne décédée (dont le sexe, la couleur de peau ou l'âge approximatif par exemple). Au cas où l'identité supposée n'est pas correcte, ce doit être dans cette population que la véritable identité se trouve. Dès lors, dans l'hypothèse H_2 , lorsqu'il s'agit de « quelqu'un d'autre », il faut entendre quelqu'un d'autre d'une population de personnes potentielles, donc de personnes décédées, portées disparues (de façon officielle ou dans le sens général d'une localisation impossible en un autre lieu).

La conséquence de passer d'une population d'intérêt « ouverte » à « limitée » n'affecte pas la détermination du LR. Les fréquences γ ne seront pas concernées par cette population spécifique⁹⁹. La limitation de la population d'intérêt touche aux chances *a priori* [Robertson et Vignaux, 1995] [Champod, 2000]. Dans de telles circonstances, il est admis d'estimer ces chances par l'inverse de la taille de la population concernée [Holland et Parsons, 1999], soit $1/N$, voire par $1/(N+1)$ si la personne décédée n'est pas encore intégrée à la population d'intérêt.

Quant aux problèmes de liens de parenté possibles au sein de cette population d'intérêt limitée, une solution sera présentée dans la modélisation consacrée à l'ADN (référentiel indirect).

99 En effet, pour des examens génétiques par exemple, il n'existe pas un gène de la mort, ou un gène propre aux personnes portées disparues.

8.2. Reconnaissance

Des approches probabilistes concernant le processus de reconnaissance ont déjà été présentées, y compris avec des modélisations bayésiennes, mais principalement pour des systèmes automatiques de reconnaissance de visages photographiés (systèmes biométriques par exemple) [Moghaddam et al., 1996] [Moghaddam et al., 1999] [Gonzalez-Rodriguez et al., 2005] [Beumer et al., 2006]. Ces approches intègrent des variations intra-personnelles (différences apparaissant entre plusieurs images du même individu) et inter-personnelles (différences apparaissant entre plusieurs images d'individus différents). Divers paramètres dont l'éclairage ou les expressions faciales sont mesurés pour définir un seuil en dessous duquel les différences sont considérées comme exclusives. Les LR obtenus représentent des « scores de similarité » entre deux images de visages. Cependant, l'approche retenue pour ce travail est différente. Elle vise à évaluer la valeur d'un témoignage, pas celle d'un système destiné à détecter des correspondances d'images.

La reconnaissance est un processus mental qui implique la mémoire des visages. Son étude touche davantage au domaine des sciences humaines que des sciences exactes. De telle sorte que des questions initiales se posent: est-ce utile de vouloir schématiser et disséquer un processus humain qui, même s'il est quotidien, n'en demeure pas moins intuitif, abstrait et complexe ? Est-ce pertinent de vouloir estimer la fiabilité d'une reconnaissance, processus par définition subjectif, par une valeur objective ? Les mêmes questions ont été posées à propos de la logique mathématique à certaines époques: « *Tout a commencé par des tentatives de mécanisation des processus mentaux du raisonnement [...] Il semble donc paradoxal, à première vue, de vouloir mécaniser ce qu'il y a de plus humain. Et pourtant, même les Grecs de l'Antiquité savaient que le raisonnement est un processus structuré qui est au moins partiellement régi par des lois énonçables. Aristote codifia les syllogismes, et Euclide la géométrie...* » [Hofstadter, 2000](pp.22). C'est cet objectif qui sera recherché: construire une modélisation avec les variables identifiées comme déterminantes dans le processus de reconnaissance.

Concernant les témoignages, diverses modélisations ont déjà été proposées. À ce sujet, [Garbolino, 2001] indique que le degré de conviction d'un témoin au sujet d'un événement peut être représenté par les chances *a priori*. Si plusieurs témoins sont impliqués dans le même événement, leurs chances *a priori* seront différentes car subjectives. Mais le chercheur fait remarquer que plus le nombre d'éléments concrets disponibles sera élevé, plus les chances *a posteriori* vont tendre vers des déterminations qui auront gagné en homogénéité et en cohérence. C'est pourquoi la

modélisation proposée favorisera les éléments qui peuvent être contrôlés de façon objective.

8.2.1. Variables retenues

Dans la modélisation proposée pour le processus de reconnaissance, les éléments du LR expriment les probabilités suivantes:

$Pr(R | H_1, I)$: probabilité que le témoin se détermine par une reconnaissance positive (R) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1) et selon les informations du dossier (I).

$Pr(R | H_2, I)$: probabilité que le témoin se détermine par une reconnaissance positive (R) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2) et selon les informations du dossier (I).

Étant donné que la plupart des informations sont données par le témoin, la première variable retenue est celle qui indique son degré de discernement (D).

Variable D : variable non conditionnelle indiquant le degré de discernement du témoin évalué par les enquêteurs. Deux états équiprobables: bon (D) et mauvais ($\neg D$). Cette variable doit avoir un effet déterminant car les informations d'un témoin doté d'un mauvais degré de discernement ne peuvent pas être prises en compte.

Les trois variables suivantes servent à évaluer les conditions de mémorisation (C) dont a bénéficié le témoin. Ces conditions sont déterminées par le temps d'exposition (E) et la durée de séparation (S). En soi, les variables E et S pourraient être influencées par D puisqu'elles résultent, en partie, d'indications données par le témoin. Cependant, ces deux variables E et S ne seront pas conditionnées à D car il est sous-entendu que les enquêteurs peuvent vérifier de façon objective le bien-fondé de ces informations. Ces vérifications s'imposent d'autant plus lorsque le degré de discernement n'est pas optimal.

Variable E : variable non conditionnelle indiquant la durée d'exposition entre le témoin et la personne qu'il connaît. Deux états équiprobables: long (> 5 ans par exemple) et court (≤ 5 ans).

Variable S : variable non conditionnelle indiquant la durée de séparation entre le témoin et la personne qu'il connaît. Deux états équiprobables: long (> 1 an par exemple) et court (≤ 1 an).

Variable C: variable conditionnelle indiquant les conditions de mémorisation dont a bénéficié le témoin. Deux états dépendant de E et de S : bonnes (C) et mauvaises ($\neg C$). Les conditions de mémorisation optimales sont atteintes lorsque le temps d'exposition est long et la durée de séparation courte. La situation la moins favorable est celle d'un temps d'exposition court et d'une durée de séparation longue. Pour les situations intermédiaires, les valeurs de C sont diminuées, de façon arbitraire, à 90%.

Table 8.2 - Probabilités conditionnelles de la variable C (conditions de mémorisation).

		Court		Long	
		Court	Long	Court	Long
C:	C :	0,9	0	1	0,9
	$\neg C$:	0,1	1	0	0,1

Variable P: variable conditionnelle indiquant la plausibilité des informations – date et lieu – de découverte du corps. Deux états dépendant de H : plausible (P) et non plausible ($\neg P$).

À nouveau, le degré de discernement du témoin pourrait jouer un rôle dans la fiabilité de ces informations. Lorsqu'un témoin indique que le lieu de découverte n'est pas plausible, l'information n'est pertinente qu'à condition que son degré de discernement soit bon. Mais comme pour les variables E et S , P ne sera pas conditionnée à D , car il est sous-entendu que les enquêteurs peuvent se référer à des éléments concrets pour évaluer ce paramètre. En conséquence, P indique un état de plausibilité attesté autant par le témoin que par les enquêteurs.

P est conditionnée à H car la plausibilité de la date et du lieu de découverte du corps ne se conçoit qu'en référence à la personne dont l'identité est supposée (H_1). Exemple: un train se renverse peu avant son entrée en gare de Lausanne. Trois passagers sont décédés. Monsieur A. est porté disparu depuis le jour de l'accident et il est établi qu'il devait se rendre à Lausanne ce jour-là, en train. Si une des personnes décédées est supposée être Monsieur A., les informations de date et de lieu sont plausibles pour lui. Pour une autre personne, la plausibilité est très difficile à évaluer. Dès lors, pour H_2 , et pour des facilités de calculs, les états seront fixés à 0,5 (cf. table 8.3¹⁰⁰).

100 En fait, pour H_2 , ces valeurs sont arbitraires. Pour une personne prise au hasard, portée disparue, une plausibilité de 0,5 est excessive. Mais ces valeurs ne servent qu'à indiquer que la question de la plausibilité reste ouverte pour d'autres personnes que celle supposée.

La répartition des probabilités de la table 8.3 a pour conséquence d'exclure H_1 si les informations ne sont pas plausibles, quelle que soit la détermination du témoin.

Table 8.3 - Probabilités conditionnelles de la variable P (plausibilité de la date et du lieu de découverte du corps).

$H:$		H_1	H_2
$P:$	$P:$	1	0,5
	$\neg P:$	0	0,5

Variable R : variable conditionnelle indiquant la détermination du témoin suite à la présentation du corps. Deux états, reconnaissance positive (R) et négative ($\neg R$), dépendant de H, D, C et P .

L'attribution des valeurs de probabilités de la table 8.4 a visé les objectifs suivants:

- ◆ Avec un degré de discernement jugé mauvais ($\neg D$) et/ou avec des conditions de mémorisation jugées mauvaises ($\neg C$), neutraliser les effets d'une détermination, quelle qu'elle soit (le témoin n'est pas fiable).
- ◆ En cas d'informations jugées plausibles, avec un bon degré de discernement (D) et de bonnes conditions de mémorisation (C):
 - soutenir très fortement H_1 si la reconnaissance est **positive** (situation idéale d'une reconnaissance positive),
 - soutenir fortement H_2 si la reconnaissance est **négative**, tout en gardant de faibles probabilités pour H_1 (les informations étant plausibles, ce pourrait être une reconnaissance négative erronée).

Table 8.4 - Probabilités conditionnelles de la variable R (détermination du témoin).

$H:$		H_1								H_2							
$D:$		Bon				Mauvais				Bon				Mauvais			
$C:$		Bonnes		Mauvaises		Bonnes		Mauvaises		Bonnes		Mauvaises		Bonnes		Mauvaises	
$P:$		P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$	P	$\neg P$
$R:$	R	0,9	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,01	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0
	$\neg R$	0,1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,99	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1

8.2.2. Modélisation proposée

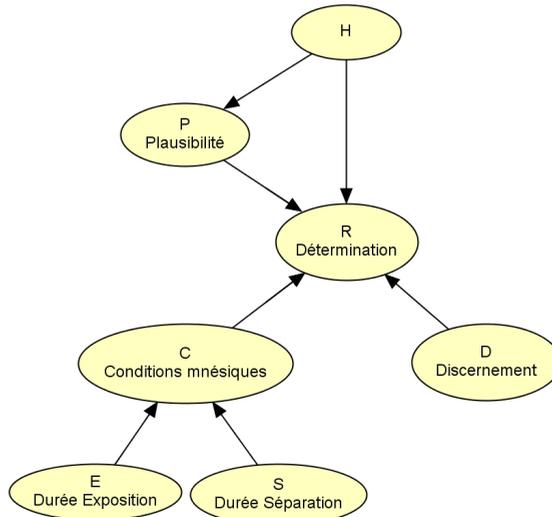


Fig. 8.3 - Modélisation pour évaluer l'identité civile avec le processus de reconnaissance.

Exemples d'application

Le corps d'une personne décédée est présenté à un témoin. Le degré de discernement est jugé bon par les enquêteurs. La date et le lieu de la découverte du corps sont plausibles pour la personne dont l'identité civile est supposée. Le témoin connaissait la personne supposée depuis très longtemps (E est long). Par contre, il ne l'avait pas revue depuis 6 ans (S est long). Il reconnaît la personne décédée et indique une identité civile. Le LR vaut 14. Si $\Pr(H_1) = \Pr(H_2) = 50\%$, $\Pr(H_1 | R, P) = 96\%$.

Le corps d'une personne décédée est présenté à un témoin. Le degré de discernement est jugé bon par les enquêteurs. Le témoin connaissait la personne supposée depuis très longtemps (E est long) et l'avait quittée depuis peu (S est court), soit des conditions de mémorisation optimales. Le LR vaut 90. Ce témoin ne reconnaît pas la personne décédée. Avec $\Pr(H_1) = \Pr(H_2) = 50\%$:

- ◆ si la date et le lieu de la découverte du corps sont **non plausibles** pour la personne dont l'identité civile est supposée, $\Pr(H_1 | \neg R, \neg P) = 0\%$ (exclusion);
- ◆ si la date et le lieu de la découverte du corps sont **plausibles**, $\Pr(H_1 | \neg R, P) = 16\%$.

8.3. Empreintes digitales et palmaires

Diverses modélisations pour des processus d'identification impliquant des traces et/ou des empreintes digitales ont déjà été proposées. Dans les systèmes biométriques, par exemple, pour lesquels l'équilibre entre les faux rejets (*False Rejection Rate* - FRR) et les fausses acceptations (*False Acceptance Rate* - FAR) est toujours un point sensible, des modélisations ont été présentées [Gonzalez-Rodriguez et al., 2005]. À ce sujet, [Bazen et Veldhuis, 2004] ont publié des modélisations intégrant des mesures de similarité entre des vecteurs de longueurs fixes délimités par des minuties relevées sur des empreintes digitales. Ils ont montré que les LR étaient préférables aux probabilités *a posteriori* pour définir un seuil FRR/FAR le plus pertinent qui soit. Ce type d'approche est intéressant car il montre la possibilité d'utiliser un outil bayésien dans le domaine des empreintes digitales. Par contre, les modélisations ne peuvent pas s'exporter telles quelles aux domaines forensiques car les contraintes et les enjeux sont très différents [Ramos-Castro et al., 2005]. Si la rapidité et la limitation de faux rejets sont des éléments clé des systèmes biométriques, il n'en va pas de même pour les processus forensiques d'identification, dont ceux concernant les personnes décédées.

[Egli et al., 2007] ont aussi adopté une approche bayésienne pour estimer la valeur de traces digitales comparées à des impressions digitales encrées saisies dans une banque de données. Leur recherche a intégré l'inter et l'intra-variabilité des empreintes digitales. Les résultats ont montré que la façon dont les traces et les empreintes étaient modélisées (gabarit) avait un impact sur les taux de variabilité. Dans un contexte comparable, [Neumann et al., 2006] [Neumann et al., 2007] ont cherché à exprimer des LR avec trois, puis avec un nombre plus élevé de minuties concordantes entre une trace digitale et une empreinte de comparaison. Les LR exprimés résultaient de rapports entre $\Pr(E | H_1, I)$ et $\Pr(E | H_2, I)$ où E représentait les caractéristiques observées entre la trace et l'empreinte, et H les hypothèses que le même doigt était, ou non, à l'origine de la trace. 10'000 empreintes digitales ont servi à évaluer le dénominateur (inter-variabilité). En tenant compte de l'intra-variabilité (avec 10 minuties), les auteurs sont arrivés à des valeurs de LR de l'ordre de $8,56 \times 10^{-7}$. Les performances obtenues indiquent que ce type d'approche est robuste et qu'il peut s'appliquer à des cas réels.

8.3.1. Variables retenues

Dans la modélisation proposée pour le processus d'identification avec empreintes digitales, les éléments du LR expriment les probabilités suivantes:

$\Pr(E | H_1, I)$: probabilité d'observer les empreintes digitales avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1) et selon les informations du dossier (I).

$\Pr(E | H_2, I)$: probabilité d'observer les empreintes digitales avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2) et selon les informations du dossier (I).

Les empreintes comparées sont constituées des empreintes PM (données source) et des empreintes ou traces digitales AM (données de comparaison).

Pour les empreintes digitales, l'identifiant ne peut être que direct. La source d'incertitude à intégrer est liée au référentiel, c'est-à-dire à la provenance de l'identifiant. Une correspondance entre des données AM et PM n'implique la détermination d'une identité civile avec un maximum de certitude que dans le cas où une identité civile fiable est liée à l'identifiant. Lorsque les empreintes d'une personne décédée sont comparées à des traces digitales, une correspondance n'aboutit pas à la détermination d'une identité civile avec le même degré de certitude qu'avec des empreintes digitales venant d'AFIS par exemple. Pour prendre en compte cette incertitude, une variable source (F) est créée, variable dépendante du référentiel (R).

Concernant le référentiel (R), la distinction est faite entre des référentiels garantissant une identité civile fiable de ceux ne pouvant pas l'attester. L'expression *AFIS* est le générique des référentiels garantissant une identité civile fiable, telles que les fiches dactyloscopiques d'AFIS, les cartes d'identité ou les autres documents officiels sur lesquels ont été apposées des empreintes digitales. L'expression *Trace* désigne les référentiels n'attestant pas une identité civile fiable. À ce sujet, deux types de provenance sont retenus. Comme relevé au chapitre 5 (Empreintes digitales), en terme d'identité civile, une trace relevée dans un appartement où une seule personne est portée disparue présente un degré de certitude plus élevé qu'une trace relevée sur un objet découvert dans un lieu public par exemple. Ainsi, *Trace₁* désigne une provenance en rapport direct avec une personne portée disparue (trace relevée dans l'appartement de la personne supposée ou sur un de ses objets personnels). *Trace₂* désigne une provenance plus diffuse (trace relevée dans une zone ouverte au public ou sur un objet non personnel).

Variable R: variable non conditionnelle indiquant le référentiel. Trois états équiprobables: *AFIS*, *Trace1* et *Trace2*.

Variable F: variable conditionnelle indiquant les probabilités que l'identité civile supposée soit à l'origine du matériel AM. Deux états dépendant de *R*: le matériel AM provient de l'identité civile supposée (*F*) et le matériel AM ne provient pas de l'identité civile supposée, mais de quelqu'un d'autre ($\neg F$).

Lorsque le référentiel est *AFIS*, la probabilité que le matériel AM provienne de l'identité civile supposée est maximale. Cette probabilité est diminuée, de façon arbitraire, à 80% pour *Trace1* et à 60% pour *Trace2*.

Table 8.5 - Probabilités conditionnelles de la variable *F* (source de l'identifiant).

<i>R:</i>		<i>AFIS</i>	<i>Trace1</i>	<i>Trace2</i>
<i>F:</i>	<i>F:</i>	1	0,80	0,60
	$\neg F:$	0	0,20	0,40

Variable E: variable conditionnelle indiquant le résultat de la comparaison des empreintes digitales. Deux états dépendant de *F*: correspondance (*E*) et non-correspondance¹⁰¹ ($\neg E$).

L'attribution des valeurs de probabilités a visé les objectifs suivants:

- ◆ lorsque l'identité civile supposée est à l'origine du matériel AM, désigner *H1* en cas de correspondance et l'exclure en cas de non-correspondance,
- ◆ lorsque l'identité civile supposée n'est pas à l'origine du matériel AM, reporter l'incertitude de *F* sur *H*.

À noter que suite aux remarques du sous-chapitre 5.6.1 (Validité scientifique des comparaisons d'empreintes digitales), un taux d'erreur sera intégré, plus grand que 0 [Cole, 2005], soit 1%. Cette valeur sera indiquée comme fréquence d'une correspondance pour *H2*.

Table 8.6 - Probabilités conditionnelles de la variable *E* (résultat de la comparaison des empreintes).

<i>H:</i>		<i>H1</i>		<i>H2</i>	
<i>F:</i>		<i>F</i>	$\neg F$	<i>F</i>	$\neg F$
<i>E:</i>	<i>Correspondance</i>	1	0	0,01	1
	<i>Non-correspondance</i>	0	1	0,99	0

101 Dans les figures de modélisation, ces deux expressions sont indiquées *match* et *no match*.

8.3.2. Modélisation proposée

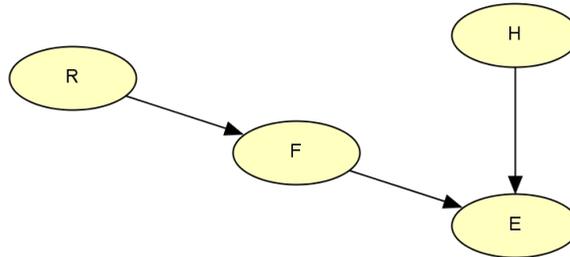


Fig. 8.4 - Modélisation pour évaluer l'identité civile avec des empreintes digitales et palmaires.

Cette modélisation ne prend pas en compte la possibilité de varier le LR selon la qualité des empreintes digitales comparées (déformations, distorsions, ambiguïtés), voire la forme générale des empreintes, le nombre, le type et les relations spatiales des minuties ou encore des paramètres permettant de reporter l'inter et l'intra-variabilité (approche proposée par [Neumann et al., 2006] [Neumann et al., 2007] par exemple). Mais lorsque de telles modélisations auront été mises au point, la variable source *F* et son nœud parent *R* devraient pouvoir y être intégrés sans problème pour des applications spécifiques à l'identification des personnes décédées.

Exemples d'application

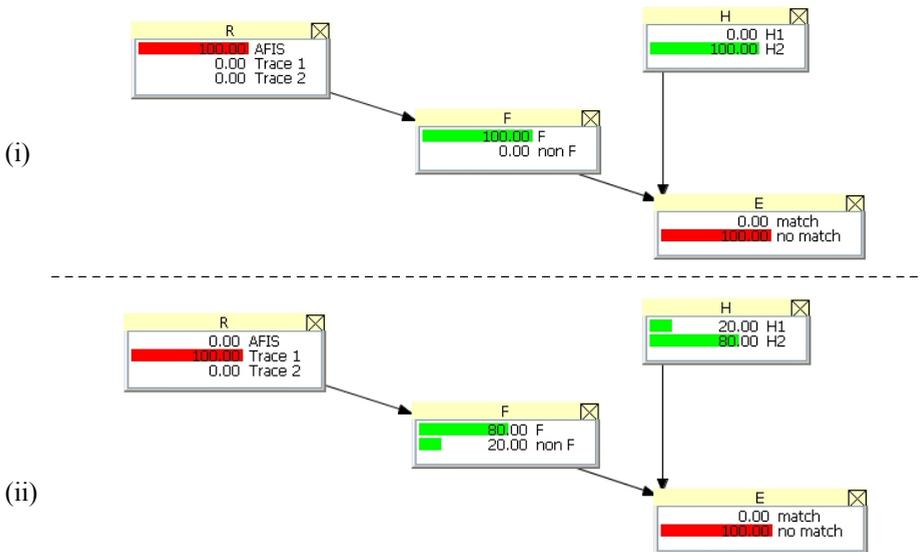


Fig. 8.5 - Exemples d'application en cas de non-correspondance. (i): avec des empreintes AM provenant d'AFIS. (ii): avec des empreintes AM provenant d'une trace.

Lorsque les empreintes digitales de la personne décédée sont comparées avec des empreintes digitales provenant d'AFIS et que le spécialiste conclut à une non-correspondance, il y a exclusion (cf. (i) sur la figure 8.5). Dans ce premier cas, le LR¹⁰² vaut 100. Par contre, une non-correspondance entre des empreintes digitales PM et des traces digitales provenant d'un objet personnel (*Trace1*) n'exclut pas la possibilité qu'il puisse tout de même s'agir de la personne supposée (cf. (ii) sur la figure 8.5). Dans ce second cas, le LR vaut 3,8. Remarque: dans les figures de modélisation présentées, les informations en rouge indiquent des faits établis. Les informations en vert sont les valeurs qu'impliquent les faits établis.

8.4. Données dentaires

Pour les données dentaires, l'identifiant ne peut être que direct et le référentiel ne devrait pas avoir d'impact sur la fiabilité de l'identité civile qui lui est liée. En d'autres termes, bien que les dentistes traitants ne la vérifient pas, l'identité civile du patient pour lequel un dossier dentaire a été constitué n'est pas mise en doute (il est supposé que le patient n'a pas menti sur son identité et que le courrier est toujours parvenu à son destinataire). En conséquence, le référentiel ne constituera pas une source d'incertitude.

Dans la modélisation proposée pour le processus d'identification avec données dentaires, les éléments du LR expriment les probabilités suivantes:

$\Pr(E | H_1, I)$: probabilité d'observer les données dentaires avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1) et selon les informations du dossier (I).

$\Pr(E | H_2, I)$: probabilité d'observer les données dentaires avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2) et selon les informations du dossier (I).

Les données dentaires comparées sont constituées des données PM (données source) et des données AM (données de comparaison).

Les deux principales sources d'incertitude à prendre en compte sont celles liées à l'intra-variabilité (exprimée dans le numérateur du LR) et celles liées à l'inter-variabilité (exprimée dans le dénominateur). Des trois éléments d'identification rete-

102 Le LR vaut $\Pr(E | H_1) / \Pr(E | H_2)$, soit $1/0,01 = 100$ dans le premier cas et $0,800/0,208 = 3,8$ dans le second cas.

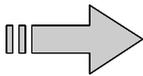
nus (empreintes digitales, dents et ADN), les données dentaires sont les seules pour lesquelles se pose, avec autant d'acuité et d'importance, la problématique de l'intra-variabilité. Et le problème est de taille puisqu'un odontologue est susceptible de considérer que des données AM et PM, différentes mais ne présentant aucune différence exclusive, peuvent tout de même provenir de la même personne. Lorsque des différences sont observées, l'odontologue ne prononce une exclusion qu'en présence de différences exclusives. C'est pourquoi les conséquences d'une correspondance – et en particulier celles d'une non-correspondance – ne peuvent pas être évaluées comme elles le seraient avec des données à intra-variabilité très faible ou nulle.

Pour traiter ces aspects de l'intra-variabilité, et avant de proposer une modélisation, il convient de trouver une solution pour intégrer cette intra-variabilité. La solution proposée repose sur un concept de « validité » [Gremaud, 2008].

8.4.1. Concept de validité

S'il existe des outils statistiques pour estimer l'inter-variabilité des données dentaires, le chapitre 6 (Les dents) a révélé qu'il n'en va pas de même pour l'intra-variabilité. Même si le pouvoir discriminant de la dentition humaine est bien documenté par les travaux d'Adams [Adams, 2003a] [Adams, 2003b] et même si la fiabilité de l'identification par radiographies dentaires est bien documentée dans la littérature, soit avec des radiographies conventionnelles [MacLean et al., 1994] [Kogon et MacLean, 1996], soit avec des modèles digitaux disponibles sur le net [Pretty et al., 2003], les outils statistiques nécessaires à estimer l'intra-variabilité ne sont pas disponibles à ce jour.

Pour traiter cette problématique, un concept de « validité » est introduit. Sa définition est la suivante:



La validité sera un indicateur des conditions de comparaisons impliquant des données intra-variables.

Le terme « validité » reprend la terminologie utilisée par des odontologues tels que MacLean et Kogon [MacLean et al., 1994] [Kogon et MacLean, 1996]. Le but est de distinguer les configurations idéales (constituées d'éléments dont la nature et l'état en font des éléments comparables) de configurations beaucoup plus critiques

(constituées d'éléments dont la nature et/ou l'état en font des éléments difficiles à comparer). Ci-après, le terme configuration servira à désigner l'ensemble constitué des éléments AM-PM comparés.

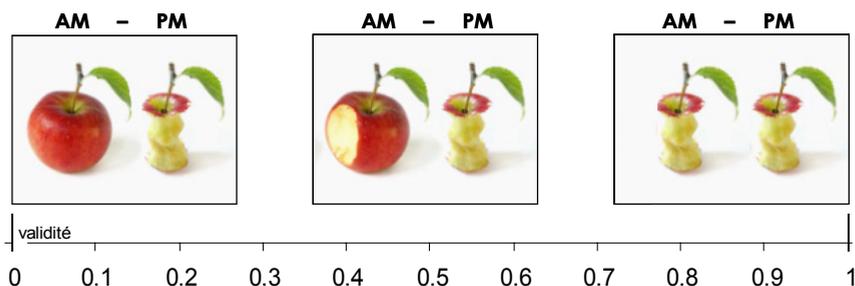


Fig. 8.6 - Illustration du concept de validité avec trois configurations différentes.

Comme le suggère la figure 8.6, l'élément PM est celui qui est à disposition de l'odontologue. L'élément AM est celui qui est recherché et qui est susceptible de correspondre – plus ou moins – à l'élément PM. C'est donc en grande partie de l'élément AM que dépend la validité de la configuration. Il est important de noter que la validité est un paramètre distinct des résultats de la comparaison. Ainsi, quelle que soit leur validité, des éléments comparés peuvent présenter – ou non – des caractéristiques communes.

Le rôle de la validité est de maîtriser la valeur probante des résultats obtenus, quels qu'ils soient, en fonction des configurations.

Lorsque les éléments comparés constituent une configuration jugée **valide**, les résultats de comparaisons sont fiables et bénéficient d'une valeur probante élevée:

- ◆ la correspondance de caractéristiques doit permettre de formuler une identification;
- ◆ la non-correspondance de caractéristiques (avec ou sans différences exclusives) doit permettre de formuler une exclusion.

Lorsque les éléments comparés constituent une configuration jugée de **validité réduite, voire nulle**, les résultats de comparaisons sont d'une fiabilité réduite, voire nulle, et leur valeur probante est réduite, voire nulle:

- ◆ la correspondance de caractéristiques doit conduire à des résultats non pertinents;
- ◆ la non-correspondance doit être évaluée selon la présence ou non de différences exclusives:

- s'il y a une ou plusieurs différences exclusives, la non-correspondance doit conduire à une exclusion;
- s'il n'y a pas de différences exclusives, la non-correspondance doit conduire à des résultats non pertinents.

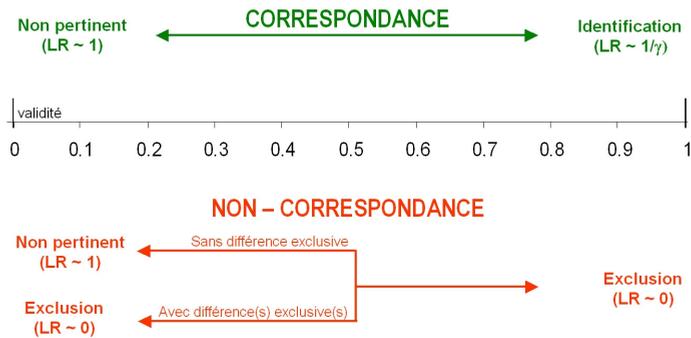


Fig. 8.7 - Effets de la validité sur des résultats de correspondance ou de non-correspondance.

La distinction de la nature des différences joue un rôle déterminant dans les cas de non-correspondance. En présence de différences entre les données AM et PM, conserver des probabilités qu'il s'agisse tout de même de la personne supposée n'est possible que dans les cas où les différences ne sont pas exclusives.

Selon les articles consacrés aux comparaisons de données radiographiques, il apparaît que la pertinence des comparaisons peut être affectée par la non-homogénéité des types de dents et par des périodes AM-PM supérieures à 20 ans. Ces constatations peuvent être appliquées à toutes comparaisons de données dentaires (radiographiques et non radiographiques). Ainsi, une comparaison sera jugée valide:

- ◆ si les données comparées émanent d'époques contemporaines (moins de 20 ans d'écart), et
- ◆ si les dents comparées sont de même type.

En l'absence d'une des deux conditions au moins, la validité est réduite. Dans la modélisation bayésienne proposée, la validité (V) est influencée par trois variables:

1. les configurations AM-PM possibles (C),
2. le temps séparant la date des enregistrements AM de celle de la mort (T), et
3. l'âge de la personne (dont l'identité est supposée) au moment des enregistrements AM (A).

1. Les configurations AM-PM possibles (C)

L'indication de configurations possibles implique la distinction des types de dents. La convention suivante est appliquée: *a* pour les dents primaires, *b* pour les dents mixtes et *c* pour les dents permanentes. Ces lettres permettent de désigner les configurations AM-PM. Pour respecter une succession chronologique, la première lettre indiquera le type de dents des données AM et la seconde le type de dents PM. Exemple: *b-c* représente la configuration de dents AM mixtes comparées à des dents PM permanentes. Neuf configurations de comparaison se présentent:

<i>a-a</i>	<i>b-a</i>	<i>c-a</i>
<i>a-b</i>	<i>b-b</i>	<i>c-b</i>
<i>a-c</i>	<i>b-c</i>	<i>c-c</i>

Par simplification d'écriture, les configurations seront notées par la lettre *C* avec les types de dents en position d'indice (exemple: C_{b-c} représentera la configuration *b-c*).

C_{a-b} , C_{b-a} , C_{b-c} et C_{c-b} sont des configurations constituées de types de dents différents pouvant comporter quelques dents comparables (de nombre variable). Les configurations C_{a-c} et C_{c-a} n'ont, par définition, aucune dent en commun. Avec ces deux configurations, il reste à l'odontologue, pour se déterminer, d'éventuelles comparaisons de structures environnantes (comme celle des sinus par exemple). Dans l'hypothèse où les données AM et PM proviennent de la même personne, les configurations C_{b-a} , C_{c-a} et C_{c-b} sont des anachronismes.

Pour les configurations homogènes, la distinction du type de dents sera utile car les comparaisons n'impliquant que des dents primaires (C_{a-a}) ou que des dents permanentes (C_{c-c}) sont de validité supérieure aux comparaisons n'impliquant que des dents mixtes (C_{b-b}) [Wood et al., 1999]. Quant aux configurations non homogènes, la modélisation bayésienne devra veiller à attribuer des valeurs de validité réduite.

2. Le temps séparant la date des enregistrements AM de celle de la mort (T)

Le but de cette variable est d'intégrer le temps qui s'est écoulé entre les deux saisies de données comparées. Une détermination de ce temps pourrait être faite selon la date des enregistrements AM et la date des observations PM. Cependant, l'examen dentaire PM pouvant avoir lieu bien après la mort, il semble plus pertinent de substituer la date des observations PM par la date de la mort (lorsqu'elle est connue).

La modélisation bayésienne devra veiller à attribuer des valeurs de validité réduite pour les périodes supérieures à 20 ans (risque de fausses exclusions) [Kogon et MacLean, 1996].

3. L'âge de la personne (dont l'identité est supposée) au moment des enregistrements AM (A)

Lorsque la variable T est de 10 ans, par exemple, il est utile de savoir si cette valeur représente des âges allant de 15 à 25 ans, ou de 30 à 40 ans. Les probabilités de traitements et de modifications (dues à la croissance ou à la vieillesse) sont moins élevées en milieu de vie (30-50 ans) qu'aux autres époques [Menghini et al., 2002]. La variable A influence la validité à ce sujet.

À noter que le temps (indispensable aux effets de l'intra-variabilité) apparaît dans ces trois variables. Le lien temporel est évident pour les deuxième et troisième variables (T et A). Quant à la première variable (C), ce lien est sous-jacent: les configurations AM-PM résultent de stades de développement se succédant dans le temps.

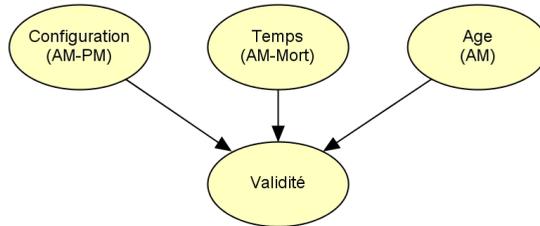


Fig. 8.8 - Variables influençant la validité des comparaisons dentaires.

Intra-variabilité

Selon la validité (V), une estimation de l'intra-variabilité peut être engagée (cf. formule (8.6)). Lorsque H_I est considérée comme vraie, le numérateur du LR représente les alternatives suivantes:

- ◆ Soit la configuration est jugée valide; dès lors, la probabilité que les caractéristiques correspondent à celles de la personne supposée est maximale: $\Pr(E|H_I, I, V) = v \cdot 1$.
- ◆ Soit la configuration est jugée de validité réduite; dès lors, la probabilité que les caractéristiques correspondent à celles de la personne supposée est définie par une variable (par exemple δ): $\Pr(E|H_I, I, \neg V) = (1-v) \cdot \delta$. Pour alléger les formules, les I seront désormais omis.

$$\Pr(E|H_I) = \underbrace{1}_{\Pr(E|H_I, V)} \cdot \underbrace{v}_{\Pr(V|H_I)} + \underbrace{\delta}_{\Pr(E|H_I, \bar{V})} \cdot \underbrace{(1-v)}_{\Pr(\bar{V}|H_I)} = v + \delta \cdot (1-v). \tag{8.6}$$

Inter-variabilité

La validité intervient aussi sur l'évaluation de la seconde hypothèse (cf. formule (8.7)). Lorsque H_2 est considérée comme vraie, le dénominateur du LR représente les alternatives suivantes:

- ◆ Soit la configuration est jugée valide¹⁰³; dès lors, la probabilité que les caractéristiques correspondent à celles d'une autre personne est représentée par γ (fréquence dans une population donnée): $\Pr(E|H_2, I, V) = v' \cdot \gamma$.
- ◆ Soit la configuration est jugée de validité réduite; dès lors, la probabilité que les caractéristiques correspondent à celles d'une autre personne est définie par une variable (par exemple δ'): $\Pr(E|H_2, I, \neg V) = (1-v') \cdot \delta'$.

$$\Pr(E|H_2) = \underbrace{\Pr(E|H_2, V)}_{\gamma} \cdot \underbrace{\Pr(V|H_2)}_{v'} + \underbrace{\Pr(E|H_2, \bar{V})}_{\delta'} \cdot \underbrace{\Pr(\bar{V}|H_2)}_{(1-v')} = \gamma \cdot v' + \delta' \cdot (1-v'). \tag{8.7}$$

8.4.2. Variables retenues

Variable T: variable non conditionnelle indiquant le temps séparant la date des enregistrements AM de celle de la mort. Deux états équiprobables: T_1 (< 20 ans) et T_2 (≥ 20 ans).

Variable A: variable non conditionnelle indiquant l'âge de la personne dont l'identité est supposée au moment des enregistrements AM. Trois états équiprobables: A_1 (< 25 ans), A_2 (≥ 25 ans et ≤ 50 ans) et A_3 (> 50 ans).

Variable C: variable indiquant les configurations AM-PM possibles.

Au sujet de cette variable, la question peut se poser de savoir s'il est opportun d'en faire une variable conditionnée à H ou non. Pour y répondre, deux variantes vont être formulées et examinées: conditionner C à H (première variante) et ne pas conditionner C à H (seconde variante).

103 Il n'est pas certain que la validité selon H_1 soit identique à celle selon H_2 . C'est la raison pour laquelle les deux valeurs seront distinguées (v et v').

Première variante: conditionner C à H

Si toutes les configurations sont possibles pour H_2 (impliquant neuf configurations équiprobables), C_{b-a} , C_{c-a} et C_{c-b} ne sont pas possibles pour H_1 . Ces trois dernières configurations sont des anachronismes qui permettent d'exclure, avant de poursuivre la comparaison, l'hypothèse qu'il puisse s'agir de l'identité supposée (exemple C_{c-a} : cas de données AM provenant d'un adulte servant de comparaison avec des données PM relevées sur un enfant). Les six autres configurations sont équiprobables.

Selon cette variante, les états de la variable C seraient ceux indiqués dans la table 8.7. De la sorte, le lien entre H et C conduit à des exclusions pour les trois configurations anachroniques (C_{b-a} , C_{c-a} et C_{c-b}), quel que soit le résultat des autres paramètres (dont les résultats de la comparaison E par exemple). Ce résultat est en soi logique. Cependant, pour les six autres configurations, cette variante a pour conséquence de produire des valeurs plus grandes pour H_1 (1:6) que pour H_2 (1:9). Dès lors, si les probabilités *a priori* de H_1 et H_2 sont égales, ce lien a aussi pour effet d'indiquer des probabilités *a posteriori* en faveur de H_1 avant même de connaître le résultat des autres variables. La formule (8.8) ainsi que les figures 8.9 et 8.10 présentent cet effet pour C_{c-c} .

Table 8.7 - Probabilités conditionnelles pour la variable C (première variante).

	C:	C_{a-a}	C_{a-b}	C_{a-c}	C_{b-a}	C_{b-b}	C_{b-c}	C_{c-a}	C_{c-b}	C_{c-c}
H	H_1	1:6	1:6	1:6	0	1:6	1:6	0	0	1:6
	H_2	1:9	1:9	1:9	1:9	1:9	1:9	1:9	1:9	1:9

$$\Pr(H_1 | C_{c-c}) = \frac{\Pr(C_{c-c} | H_1) \cdot \Pr(H_1)}{\Pr(C_{c-c} | H_1) \cdot \Pr(H_1) + \Pr(C_{c-c} | H_2) \cdot \Pr(H_2)} = \frac{\frac{1}{6} \cdot 0,5}{\frac{1}{6} \cdot 0,5 + \frac{1}{9} \cdot 0,5} = 0,6. \tag{8.8}$$

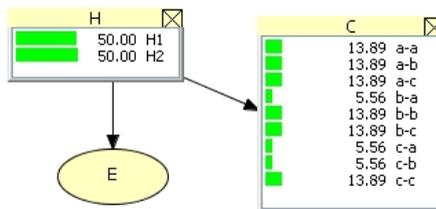


Fig. 8.9 - Effets de C sur H. Sans paramètres connus.

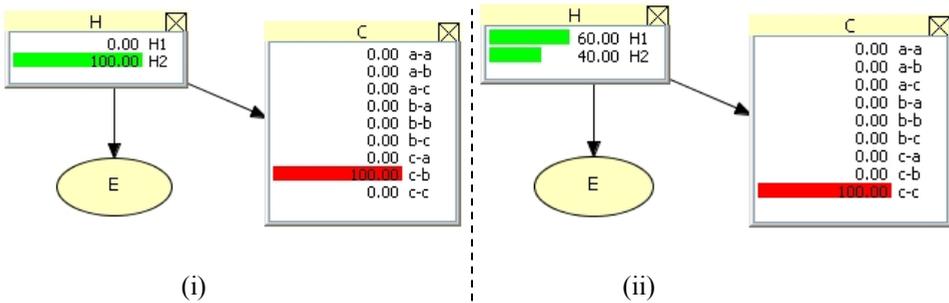


Fig. 8.10 - Effets de C sur H . (i): configuration anachronique. (ii): configuration non anachronique.

Autre aspect de cette variante: si V est conditionnée à C , et C à H , cela produit un effet de H sur V . Ainsi, selon cette variante, il convient de distinguer les valeurs de V selon les hypothèses (v pour H_1 et v' pour H_2 par exemple).

Seconde variante: ne pas conditionner C à H .

Cette variante exclut les trois configurations anachroniques (C_{b-a} , C_{c-a} et C_{c-b}) de la liste des configurations retenues. Seules sont prises en compte les six autres configurations qui influencent V .

Selon cette variante, la variable V est libérée de l'influence de H de telle sorte que la distinction entre v et v' n'est plus nécessaire.

La seconde variante sera retenue pour deux raisons principales. Bien qu'il soit logique que des configurations anachroniques conduisent à une exclusion immédiate, il semble peu judicieux de le formaliser de façon explicite dans une modélisation. C'est la première raison. La seconde est liée aux conséquences que pourrait avoir un soutien trop marqué de H_1 pour les six autres configurations. Avec la première variante, des résultats non pertinents de configurations non anachroniques produisent un LR supérieur à 1 par le simple fait qu'une configuration non anachronique soutient déjà H_1 , de façon implicite (cf. formule (8.8)). Il semble dès lors plus approprié d'exclure les configurations anachroniques dans le but de préserver la possibilité d'obtenir des LR égaux à 1 (pour des comparaisons non pertinentes), plutôt que de limiter cette possibilité en intégrant la totalité des configurations possibles.

Pour garder à l'esprit que les trois configurations anachroniques sont exclues de l'ensemble des configurations possibles, la variable C sera indiquée C^* .

Variable C^* : variable non conditionnelle indiquant les configurations non anachroniques possibles. Six états équiprobables: C^*_{a-a} , C^*_{a-b} , C^*_{a-c} , C^*_{b-b} , C^*_{b-c} et C^*_{c-c} .

Variable V : variable conditionnelle indiquant la validité des données comparées. Deux états dépendant de C^* , de T et de A : valide (V) et non valide ($\neg V$).

Table 8.8 - Probabilités conditionnelles pour la variable V (première partie).

C^* :		C^*_{a-a}						C^*_{a-b}					
T :		< 20 ans			≥ 20 ans			< 20 ans			≥ 20 ans		
A :		< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50
V :	V	1	1	1	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0
	$\neg V$	0	0	0	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1

Table 8.9 - Probabilités conditionnelles pour la variable V (deuxième partie).

C^* :		C^*_{a-c}						C^*_{b-b}					
T :		< 20 ans			≥ 20 ans			< 20 ans			≥ 20 ans		
A :		< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50
V :	V	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0
	$\neg V$	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1

Table 8.10 - Probabilités conditionnelles pour la variable V (troisième partie).

C^* :		C^*_{b-c}						C^*_{c-c}					
T :		< 20 ans			≥ 20 ans			< 20 ans			≥ 20 ans		
A :		< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50	< 25	25-50	> 50
V :	V	0,5	0,5	0,5	0	0	0	1	1	1	0,5	0,75	0,5
	$\neg V$	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0,5	0,25	0,5

Les probabilités conditionnelles ont été indiquées de façon arbitraire en tenant compte des objectifs suivants:

- ◆ D'une façon générale, la validité d'une configuration doit diminuer en passant de $T < 20$ ans vers $T \geq 20$ ans.
- ◆ C^*_{a-a} et C^*_{c-c} : deux configurations homogènes pour lesquelles la validité peut être maximale avec $T < 20$ ans. Avec $T \geq 20$ ans, une distinction est faite selon les âges: la diminution est plus faible pour la période 25-50 ans

(0,75) que pour les deux autres périodes (0,5). Rappel: la probabilité de traitements est moins élevée en milieu de vie qu'aux autres époques. À noter que pour C^*_{a-a} , les valeurs indiquées pour des âges supérieurs à 25 ans et pour des périodes AM-PM supérieures à 20 ans sont théoriques. N'avoir que des dents primaires après 25 ans est très rare.

- ◆ C^*_{b-b} : configuration particulière. La période des dents mixtes est complexe et dynamique. [Wood et al., 1999] invitent à beaucoup de prudence avec ce type de configuration (rappel: sensibilité de 0% et spécificité de 100%). Les radiographies AM et PM peuvent présenter des dents différentes pour une même position, ce qui diminue la validité des comparaisons. En conséquence, les valeurs de validité retenues sont plus faibles que celles de C^*_{a-a} et C^*_{c-c} . Elles seront de 0,5 pour $T < 20$ ans et 0 pour $T \geq 20$ ans.

Remarque:

Il peut arriver qu'une configuration de dents mixtes soit justement un élément très singulier. C'est le cas lorsque la configuration mixte se prolonge sur une certaine période, sans trop de changements, de telle sorte que l'enregistrement AM et l'observation PM représentent des dents de même type pour des positions identiques. Mais cette situation est rare et les valeurs retenues pour la validité ne retranscrivent que l'avis de prudence relevé plus avant.

- ◆ C^*_{a-b} et C^*_{b-c} : configurations pour lesquelles les données sont partiellement comparables. Pour C^*_{a-b} , les dents comparables sont quelques dents primaires. Pour C^*_{b-c} , les dents comparables sont quelques dents permanentes. Dans la pratique, il va de soi que les comparaisons s'appuieront sur les dents comparables et la validité de la comparaison devrait dépendre de leur nombre (plus il sera élevé, plus les comparaisons devraient être valides). Les valeurs retenues sont indicatives, soit 0,5 pour $T < 20$ ans et 0 pour $T \geq 20$ ans.
- ◆ C^*_{a-c} : configuration ne présentant aucune dent comparable. En conséquence, les valeurs de validité sont nulles quel que soit T .

Variable E : variable conditionnelle indiquant le résultat des comparaisons de données dentaires. Deux états dépendant de H et de V : correspondance (E) et non-correspondance ($\neg E$).

Table 8.11 - Probabilités conditionnelles pour la variable E (résultat de la comparaison des données dentaires).

	<i>H:</i>	<i>H₁</i>		<i>H₂</i>	
	<i>V:</i>	<i>V</i>	$\neg V$	<i>V</i>	$\neg V$
<i>E:</i>	<i>E:</i>	1	δ	γ	δ'
	$\neg E:$	0	$(1 - \delta)$	$(1 - \gamma)$	$(1 - \delta')$

Variable *D* : variable non conditionnelle indiquant la présence – ou non – de différences exclusives entre les données AM et PM. Deux états équiprobables: présence (*D*) et absence ($\neg D$).

À noter qu'une telle variable pourrait être intégrée dans toutes les modélisations, quelles qu'elles soient. Dans le domaine des empreintes digitales et de l'ADN, par exemple, des différences exclusives conduisent à des exclusions (c'est le choix « *no match* » pour les variables *E*). En présence de quelques différences pour lesquelles des explications sont plausibles, le spécialiste peut conclure à des identifications. Mais l'intra-variabilité des données dentaires conduit à un nombre beaucoup plus élevé de situations pour lesquelles les non-correspondances sont possibles. Ainsi, il importe toujours de savoir si les différences sont exclusives ou non. Une des conséquences importantes de cette précision est de pouvoir conserver des probabilités pour *H₁* en certaines circonstances. C'est pourquoi une telle variable sera intégrée de façon spécifique dans cette modélisation.

Variable *H* : La variable *H* devient une variable conditionnée à *D* pour atteindre le double objectif suivant:

- ◆ En présence de différence(s) exclusive(s): indiquer une exclusion immédiate, quelles que soient les valeurs des autres variables, dont la validité.
- ◆ En absence de différence exclusive: indiquer des valeurs égales pour *H₁* et pour *H₂*.

Table 8.12 - Probabilités conditionnelles pour la variable *H* (hypothèses d'intérêt).

	<i>D:</i>	<i>Avec différence exclusive</i>	<i>Sans différence exclusive</i>
<i>H:</i>	<i>H₁:</i>	0	0,5
	<i>H₂:</i>	1	0,5

Plutôt que de conditionner *H* à *D*, une autre variante pourrait consister à modifier les états de la variable *E* en indiquant 1- les correspondances, 2- les non-correspondances sans différence exclusive et 3- les non-correspondances avec

différence(s) exclusive(s). Avec une telle approche, il conviendrait de remplir la table 8.13 suivante:

Table 8.13 - Probabilités conditionnelles pour la variable E (variante évaluée).

H :		H_1		H_2	
V :		V	$\neg V$	V	$\neg V$
E :	Correspondance	1	δ	γ	δ'
	Non-correspondance sans différence exclusive	0	$(1 - \delta)$?	?
	Non-correspondance avec différence(s) exclusive(s)	0	0	?	?

La première partie du tableau est simple à remplir car la probabilité d'une différence exclusive n'apparaît pas pour H_1 . Par contre, concernant les valeurs à indiquer pour H_2 , il est impossible de savoir comment les complémentaires de γ et de δ' se répartissent selon que la non-correspondance fasse apparaître – ou non – une différence exclusive (zone jaune dans la table 8.13). C'est pourquoi cette variante a été écartée.

8.4.3. Modélisation proposée

La modélisation proposée est ainsi la suivante:

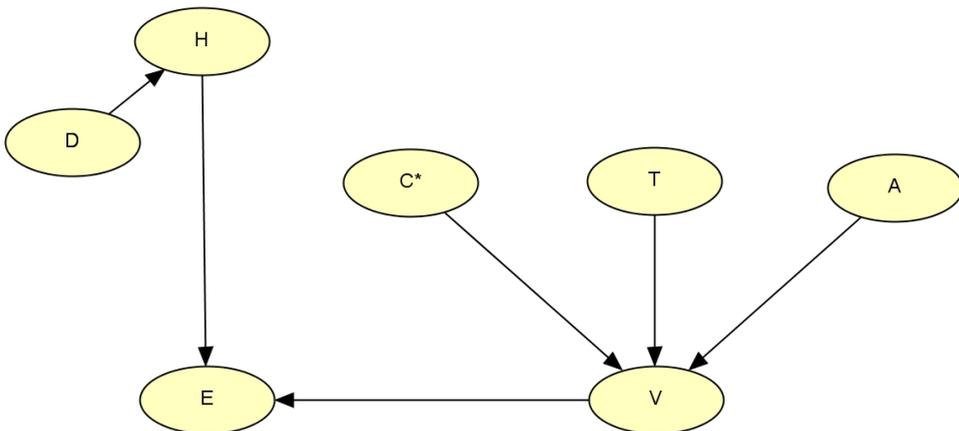


Fig. 8.11 - Modélisation pour évaluer l'identité civile avec des données dentaires.

8.4.4. Discussion sur les fréquences

Lorsque les données comparées sont jugées valides ($v = 1$), les valeurs attribuées pour E n'appellent pas de commentaire particulier: 1 et 0 pour H_1 ainsi que γ et $(1-\gamma)$ pour H_2 . En cas de correspondance des caractéristiques, le LR vaut $1/\gamma$. Les sous-chapitres 8.4.6 (Détermination des fréquences de données non radiographiques) et 8.4.7 (Détermination des fréquences de données radiographiques) examineront la façon de fixer cette valeur γ .

En dehors de la situation d'une validité optimale, il est logique de considérer que la valeur probante d'une comparaison doit diminuer. Plus la validité des données comparées diminue, plus le LR doit baisser. Lorsque les données comparées sont jugées de validité nulle ($v = 0$), la valeur probante des résultats de la comparaison doit être nulle. Dans ce cas, pour atteindre un LR de 1, il est nécessaire que $\Pr(E | H_1, -V)$ soit égale à $\Pr(E | H_2, -V)$. C'est pourquoi ces deux fréquences seront considérées comme égales, soit $\delta = \delta'$.

δ exprime la fréquence d'une correspondance lorsque les données comparées ne sont pas de validité optimale. Il convient de bien distinguer ce qui concerne cette fréquence de ce qui concerne la validité:

- ◆ La fréquence δ concerne les caractéristiques qu'il est possible d'observer sur **une** personne à **un** moment donné.
- ◆ La validité concerne l'ensemble des deux éléments comparés, soit les données de **deux** personnes différentes si H_2 est vraie, ou les données d'une même personne saisies à **deux** moments différents si H_1 est vraie.

Ainsi, la fréquence δ et la validité sont deux valeurs indépendantes de nature différente. Les mêmes caractéristiques dentaires peuvent apparaître au sein d'une configuration jugée valide dans un cas, et non valide dans un autre. Exemple: soit des données PM constituées de dents d'adulte. Ces données, comparées à celles de Monsieur A., forment une configuration jugée valide. Les mêmes données, comparées à celles de Madame B., forment une configuration jugée non valide. De plus, si une banque de données permet d'évaluer la fréquence de certaines caractéristiques, elle ne fournit aucune information sur la validité des configurations dans lesquelles ces caractéristiques seront impliquées. C'est pourquoi la distinction formelle des fréquences selon la validité (γ et δ' dans la table 8.11) n'est pas déterminante. Une seule valeur de fréquence suffit. Dès lors, δ sera considérée égale à γ .

En conclusion, les équivalences suivantes sont appliquées: $\delta = \delta' = \gamma$.

8.4.5. Effets de la validité

Une des plus importantes spécificités des données dentaires est leur intra-variabilité. Comme indiqué en introduction du sous-chapitre 8.4 (Données dentaires), cette intra-variabilité implique de considérer les cas de correspondance et surtout ceux de non-correspondance de façon particulière par rapport à des données d'intra-variabilité négligeable. Il est utile de vérifier comment le concept proposé traite cet aspect dans les faits.

Les développements suivants montrent les effets de la validité sur les LR et sur les probabilités *a posteriori* de H_1 . Ils distinguent les LR obtenus en cas de correspondance (indiqués LR_E) et ceux obtenus en cas de non-correspondance sans différence exclusive (indiqués $LR_{\bar{E}}$). Les situations de non-correspondance avec différence(s) exclusive(s) ne sont pas examinées car les exclusions s'imposent.

En cas de correspondance

Selon les formules (8.6) et (8.7), et compte tenu qu'il n'est plus nécessaire de distinguer les valeurs de validité selon les hypothèses (cf. choix de la seconde variante pour les configurations retenues), le LR_E prend la forme suivante:

$$LR_E = \frac{\overbrace{\Pr(E|H_1, V)}^1 \cdot \overbrace{\Pr(V|H_1)}^{\nu} + \overbrace{\Pr(E|H_1, \bar{V})}^{\delta} \cdot \overbrace{\Pr(\bar{V}|H_1)}^{(1-\nu)}}{\underbrace{\Pr(E|H_2, V)}_{\gamma} \cdot \underbrace{\Pr(V|H_2)}_{\nu} + \underbrace{\Pr(E|H_2, \bar{V})}_{\delta'} \cdot \underbrace{\Pr(\bar{V}|H_2)}_{(1-\nu)}} = \frac{\nu + \delta \cdot (1-\nu)}{\gamma \cdot \nu + \delta' \cdot (1-\nu)}. \quad (8.9)$$

Selon les considérations du sous-chapitre 8.4.4 (Discussion sur les fréquences), $\delta = \delta' = \gamma$. Par conséquent, le développement formel (8.9) se simplifie et livre le LR_E suivant [Gremaud, 2008]:

$$LR_E = \frac{\nu + \gamma \cdot (1-\nu)}{\gamma \cdot \nu + \gamma \cdot (1-\nu)} = \frac{\nu + \gamma \cdot (1-\nu)}{\gamma} = \nu \cdot \left(\frac{1}{\gamma} - 1 \right) + 1. \quad (8.10)$$

La formule (8.10), bien que simplifiée, reste conforme aux conclusions auxquelles un odontologue peut arriver. Pour une configuration de validité optimale (situation idéale), le $LR_E = 1/\gamma$. Pour une configuration de validité nulle, le $LR_E = 1$, c'est-à-dire que les résultats ne favorisent ni H_1 , ni H_2 . Pour les autres situations, la simplification de la formule (8.9) a pour effet de rendre linéaire et régulière l'augmentation du LR_E lorsque la validité augmente.

Les effets de la validité peuvent aussi s'observer, via le LR_E , sur les probabilités *a posteriori*. D'une façon générale, les valeurs *a posteriori* pour H_1 s'obtiennent de la façon suivante [Taroni et al., 2006a]:

$$\frac{\Pr(H_1 | I, E)}{\Pr(H_2 | I, E)} = LR \cdot \frac{\Pr(H_1 | I)}{\Pr(H_2 | I)}. \quad (8.11)$$

Puisque $\Pr(H_1 | I) = \Pr(H_2 | I)$ et que $\Pr(H_2 | I, E) = (1 - \Pr(H_1 | I, E))$:

$$\frac{\Pr(H_1 | I, E)}{1 - \Pr(H_1 | I, E)} = LR, \text{ ainsi}$$

$$\Pr(H_1 | I, E) = LR \cdot [1 - \Pr(H_1 | I, E)] = \frac{LR}{1 + LR}. \quad (8.12)$$

La figure 8.12. montre les effets de la validité sur les probabilités *a posteriori* de H_1 compte tenu que $\Pr(H_1) = \Pr(H_2)$. Quant à la fréquence, plus elle est petite, plus elle favorise l'augmentation des probabilités en question lorsque la validité augmente.

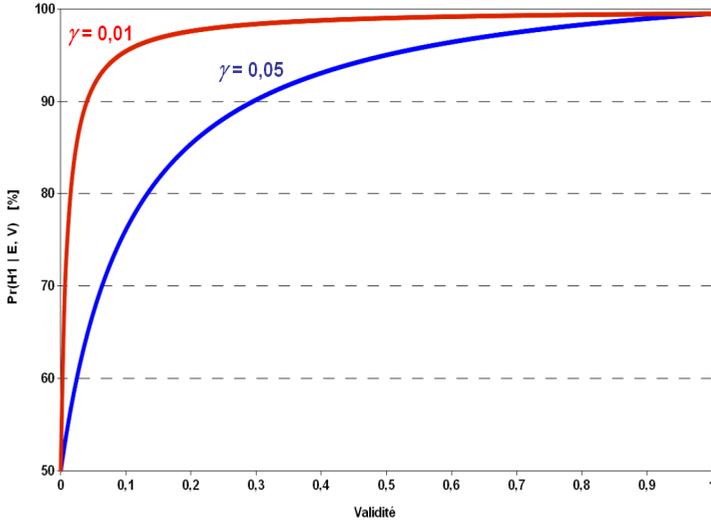


Fig. 8.12 - Effets de la validité sur les probabilités *a posteriori* de H_1 en cas de correspondance ($\Pr(H_1) = \Pr(H_2)$).

En cas de non-correspondance et sans différence exclusive

Les développements qui vont suivre sont peu courants. C'est l'intra-variabilité des données comparées qui conduit à formuler des alternatives inhabituelles.

Lorsque H_1 est considérée comme vraie, le numérateur du $LR_{\bar{E}}$ représente les alternatives suivantes:

- ◆ Soit la configuration est jugée valide; dès lors, la probabilité que les caractéristiques ne correspondent pas à celles de la personne supposée est nulle: $\Pr(\bar{E} | H_1, V) = 0 \cdot v$.
- ◆ Soit la configuration est jugée de validité réduite; dès lors, la probabilité que les caractéristiques ne correspondent pas à celles de la personne supposée est définie par le complémentaire de δ : $\Pr(\bar{E} | H_1, \neg V) = (1-\delta) \cdot (1-v)$.

Lorsque H_2 est considérée comme vraie, le numérateur du $LR_{\bar{E}}$ représente les alternatives suivantes:

- ◆ Soit la configuration est jugée valide; dès lors, la probabilité que les caractéristiques ne correspondent pas à celles d'une autre personne est définie par le complémentaire de γ : $\Pr(\bar{E} | H_2, V) = v \cdot (1-\gamma)$.
- ◆ Soit la configuration est jugée de validité réduite; dès lors, la probabilité que les caractéristiques ne correspondent pas à celles d'une autre personne est définie par le complémentaire de δ' : $\Pr(\bar{E} | H_2, \neg V) = (1-v) \cdot (1-\delta')$.

Ainsi, en cas de non-correspondance et sans différence exclusive, le $LR_{\bar{E}}$ prend la forme suivante:

$$LR_{\bar{E}} = \frac{\overbrace{\Pr(\bar{E} | H_1, V)}^0 \cdot \overbrace{\Pr(V | H_1)}^v + \overbrace{\Pr(\bar{E} | H_1, \bar{V})}^{(1-\delta)} \cdot \overbrace{\Pr(\bar{V} | H_1)}^{(1-v)}}{\underbrace{\Pr(\bar{E} | H_2, V)}_{(1-\gamma)} \cdot \underbrace{\Pr(V | H_2)}_v + \underbrace{\Pr(\bar{E} | H_2, \bar{V})}_{(1-\delta')} \cdot \underbrace{\Pr(\bar{V} | H_2)}_{(1-v)}} = \frac{(1-\delta) \cdot (1-v)}{(1-\gamma) \cdot v + (1-\delta') \cdot (1-v)} \tag{8.13}$$

Après simplification ($\delta = \delta' = \gamma$):

$$LR_{\bar{E}} = \frac{(1-\gamma) \cdot (1-v)}{(1-\gamma) \cdot v + (1-\gamma) \cdot (1-v)} = \frac{(1-\gamma) \cdot (1-v)}{(1-\gamma) \cdot (v+1-v)} = 1-v \tag{8.14}$$

Pour une configuration de validité optimale, le $LR_{\bar{E}} = 0$, c'est-à-dire qu'une non-correspondance équivaut à une exclusion, de façon claire. Pour une configuration de validité nulle, le $LR_{\bar{E}} = 1$, c'est-à-dire que les résultats ne favorisent ni H_1 , ni H_2 car les conditions de la comparaison ne le permettent pas (résultat comparable à celui obtenu avec LR_E). Pour les autres situations, la formule (8.14) rend linéaire et régulière la diminution du $LR_{\bar{E}}$ lorsque la validité augmente.

Les probabilités *a posteriori* pour H_1 se calculent selon la formule (8.12). Rappel: $\Pr(H_1) = \Pr(H_2)$:

$$\Pr(H_1 | I, \bar{E}) = \frac{LR_{\bar{E}}}{1 + LR_{\bar{E}}} = \frac{1 - v}{1 + (1 - v)} = \frac{1 - v}{2 - v}. \quad (8.15)$$

Cette dernière formule est intéressante car elle révèle la spécificité de l'intra-variabilité. Tout d'abord, s'agissant de non-correspondance, aucune fréquence n'y apparaît. Lorsque $v = 1$, la formule conduit à l'exclusion de H_1 . Lorsque $v = 0$, elle revient vers la situation initiale de probabilités *a posteriori* égales pour H_1 et H_2 . Lorsque v est comprise entre 0 et 1, elle conduit à diminuer de façon progressive, mais non linéaire, les probabilités *a posteriori* de H_1 (cf. figure 8.13).

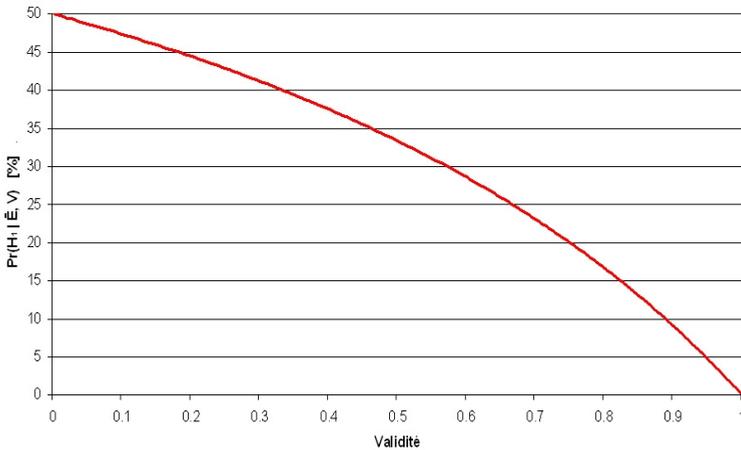


Fig. 8.13 - Effets de la validité sur les probabilités *a posteriori* de H_1 en cas de non-correspondance et sans différence exclusive ($\Pr(H_1) = \Pr(H_2)$).

Les effets de la validité, illustrés sur les figures 8.12 et 8.13, correspondent à ce qui était attendu:

- ◆ Avec des données jugées de validité optimale ($v = 1$), une correspondance est en faveur d'une identification, une non-correspondance est en faveur d'une exclusion (c'est un scénario comparable à celui des comparaisons

d'empreintes digitales ou de profils d'ADN, soit des éléments pour lesquels l'intra-variabilité est négligeable).

- ◆ Avec des données jugées de validité réduite ($0 < \nu < 1$), une correspondance reste en faveur d'une identification. Une non-correspondance sans différence exclusive ne conduit plus à l'exclusion: plus la validité diminue, plus les probabilités *a posteriori* de H_1 augmentent au détriment de celles de H_2 (de 0 à 50%, cf. figure 8.13).
- ◆ Avec des données jugées de validité nulle ($\nu = 0$), le LR est de 1, c'est-à-dire que la comparaison n'apporte pas d'éléments pertinents, quel que soit le résultat observé (correspondance ou non-correspondance sans différence exclusive).
- ◆ En cas de correspondance, la fréquence γ joue un rôle. En cas de non-correspondance, ce paramètre disparaît.

Concernant la détermination de la valeur γ , il convient de la distinguer selon le type de données examinées: données non radiographiques ou données radiographiques.

8.4.6. Détermination des fréquences de données non radiographiques

Pour les données non radiographiques, la valeur γ peut être estimée en référence aux banques de données présentées dans le sous-chapitre 6.3.1 (Données non radiographiques). Dans les exemples qui suivent, les fréquences ont été estimées via la banque de données NHANES III, banque accessible par l'interface OdontoSearch, au format générique ou détaillé.

Deux exemples sont présentés avec des données non radiographiques (1a et 2a), exemples qui seront repris avec des données radiographiques (1b et 2b).

Exemple 1a – recherches générique et détaillée / validité maximale

Un corps est découvert sans vie dans un appartement. La mort remonte à quelques jours. Toutes les dents sont présentes à l'exception des dents de sagesse (1, 16, 17 et 32). Les dents 3, 14, 19 et 30 comportent des traitements, les dents restantes sont saines, sans traitement (nomenclature universelle). Sans autre précision, au format générique, dans la banque de données NHANES III (référence de la po-

pulation civile américaine, $N = 18'533$), il y a 184 personnes présentant ces caractéristiques, soit une fréquence de 0,99% (cf. table 8.14).

Table 8.14 - Résultats d'une recherche au format générique (exemple 1a).

OdontoSearch Results Page		Data source selected U.S. Civilian Population (1988-2004)																											
Tooth code values:																												184 / 18533 = 0.9982%	
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
V	R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	R	V	V	R	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	R	V	

L'identité supposée est celle d'un homme de 42 ans locataire de l'appartement en question. Les données AM les plus récentes sont des données non radiographiques qui datent de deux mois. Les données comparées forment une configuration C^*_{c-c} dont la validité est jugée maximale (1) de par l'âge de l'homme au moment de la saisie AM (42 ans) et de par la période séparant la saisie des données AM de la date de la mort (<20 ans).

En cas de correspondance AM-PM, le LR, calculé avec la formule simplifiée (8.10) vaut 101. Si les probabilités *a priori* sont égales pour H_1 et H_2 , ce résultat peut se traduire par des probabilités *a posteriori* de 99,02% que l'identité soit correcte. En cas de non-correspondance et sans différence exclusive, les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte seraient de 0% (exclusion).

Si les données AM font état de descriptions détaillées quant à l'emplacement des traitements réalisés, une recherche au format détaillé peut être engagée. Supposons que ces données mentionnent les faits suivants: traitements occlusaux et linguaux (OL) sur les dents 3 et 14, traitements occlusaux et faciaux (OF) sur les dents 19 et 30. Le résultat, dans la même banque de données, fait apparaître 42 personnes présentant ces caractéristiques, soit une fréquence de 0,23% (cf. table 8.15). La validité étant maximale, le LR, calculé avec la formule simplifiée (8.10) vaut 434,78. Si les probabilités *a priori* sont égales pour H_1 et H_2 , ce résultat peut se traduire par des probabilités *a posteriori* de 99,77% que l'identité soit correcte. En cas de non-correspondance, les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte seraient de 0% (exclusion).

Table 8.15 - Résultats d'une recherche au format détaillé (exemple 1a).

OdontoSearch Results Page		Data source selected U.S. Civilian Population (1988-2004)																											
Tooth code values:																												42 / 18533 = 0.232%	
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
V	OL	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	OL	V	V	OF	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	OF	V		

Exemple 2a – recherches générique et détaillée / validité réduite

Un corps est découvert dans la montagne à l'état squelettique. Le maxillaire inférieur est manquant. Il ne reste que quelques dents supérieures. Les dents 2 et 3 comportent des traitements, les dents 4, 6, 10 et 11 sont abîmées, mais n'ont pas subi de traitement (nomenclature universelle). Les autres dents sont manquantes, sans qu'il soit possible d'en déterminer la raison (extraites au niveau AM ou perdues au niveau PM). Sans autre précision, au format générique, dans la banque de données NHANES III, il y a 2'086 personnes présentant ces caractéristiques pour les 6 dents retenues, soit une fréquence de 11,26% (cf. table 8.16).

Table 8.16 - Résultats d'une recherche au format générique (exemple 2a).

OdontoSearch Results Page		Data source selected U.S. Civilian Population (1988-2004)																											
Tooth code values:		2086 / 18533 = 11.2604%																											
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
R	R	V		V				V	V																				

L'identité supposée est celle d'un homme de 75 ans porté disparu dans la région depuis 10 ans. Dès sa disparition, les enquêteurs avaient constitué un dossier AM, lequel ne contenait que des données dentaires non radiographiques enregistrées 22 ans avant la date de disparition. Les données comparées forment une configuration C^*_{c-c} dont la validité est jugée réduite (50%) de par l'âge de l'homme au moment de la saisie AM (53 ans) et de par les 22 ans séparant la saisie des données AM de la date présumée de la mort (≥ 20 ans).

En cas de correspondance AM-PM, le LR, calculé avec la formule simplifiée (8.10) vaut 4,94. Si les probabilités *a priori* sont égales pour H_1 et H_2 , ce résultat peut se traduire par des probabilités *a posteriori* de 83,16% que l'identité soit correcte. En cas de non-correspondance et sans différence exclusive, les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte seraient de 33,33%. En cas de non-correspondance avec au moins une différence exclusive, ces probabilités tombent à 0% (exclusion).

Si les données AM comportent des descriptions détaillées quant à l'emplacement des traitements réalisés, une recherche au format détaillé peut être engagée. Supposons que ces données font état d'un traitement occlusal (O) sur la dent 2 et d'un traitement occlusal – lingual (OL) sur la dent 3. Le résultat, dans la même banque de données, fait apparaître 440 personnes présentant ces caractéristiques pour les 6 dents retenues, soit une fréquence de 2,37% (cf. table 8.17). La validité étant toujours de 50%, le LR vaut 21,59. Si les probabilités *a priori* sont égales pour H_1 et H_2 , ce résultat peut se traduire par des probabilités *a posteriori* de

95,57% que l'identité soit correcte. En cas de non-correspondance et sans différence exclusive, les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte seraient de 33,33%. En cas de non-correspondance avec au moins une différence exclusive, ces probabilités tombent à 0% (exclusion).

Table 8.17 - Résultats d'une recherche au format détaillé (exemple 2a).

OdontoSearch Results Page Data source selected U.S. Civilian Population (1988-2004)																															
Tooth code values:																														440 / 18533 = 2.3794%	
02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
O	OL	V		V					V	V																					

8.4.7. Détermination des fréquences de données radiographiques

Comme indiqué au sous-chapitre 6.3.2 (Données radiographiques), s'agissant d'images, les radiographies dentaires ne se prêtent pas encore à la constitution de banques de données. C'est pourquoi il n'est pas possible de déterminer les valeurs de γ de façon comparable aux données non radiographiques. Cependant, plusieurs tests empiriques visant à évaluer la fiabilité des identifications par comparaison de données dentaires radiographiques fournissent des valeurs de spécificité ou des valeurs permettant de déduire la spécificité (cf. sous-chapitre 6.6.3, Validité scientifique des comparaisons AM-PM). Dès lors, l'approche proposée consiste à évaluer γ en fonction de ces valeurs publiées (cf. formule (8.16); rappel: *TN* – *truth negatives* – exprime les exclusions correctes et *FP* – *false positives* – exprime les identifications incorrectes):

$$\gamma = (1 - \text{spécificité}) = 1 - \frac{TN}{TN + FP} \tag{8.16}$$

Certains articles ont comparé les résultats obtenus par des opérateurs de niveaux différents. Lorsque la distinction sera possible, les indications qui suivent mentionneront les valeurs obtenues par des odontologues ayant le plus d'expérience en matière d'identification dentaire.

Dans les tests empiriques de 1994 [MacLean et al., 1994], l'article révèle que les trois opérateurs ont commis au total 14 identifications incorrectes sur 420 paires de radiographies qui ne correspondaient pas (140 paires examinées par chaque opérateur). L'odontologue le plus expérimenté obtenait une spécificité de 99%. Dans les tests empiriques de 1996 ([Kogon et MacLean, 1996]), bien que les auteurs aient

augmenté la difficulté des comparaisons en élargissant les périodes AM-PM (jusqu'à 30 ans), les trois opérateurs ont commis au total 2 identifications incorrectes sur 300 paires de radiographies qui ne correspondaient pas. Les spécificités sont indiquées entre 98% et 100%. Les auteurs précisent qu'ils n'ont pas pu calculer le taux d'identifications incorrectes par rapport aux périodes AM-PM, les paires ne correspondant pas ayant été réalisées de façon artificielle. Dans les tests réalisés selon les types de dents ([Wood et al., 1999]), les spécificités annoncées sont de 100% pour les dents primaires, de 100% pour les dents permanentes, et de 0% pour les dents mixtes. Dans les tests empiriques de 2001 ([Sholl et Moody, 2001]), l'article mentionne la moyenne des taux de succès pour la détection des correspondances: 93,3% pour le groupe des odontologues. Cette valeur renseigne sur la sensibilité, mais pas sur la spécificité car le taux de fausses identifications n'est pas indiqué. Dans les tests empiriques de 2003 ([Pretty et al., 2003]), le nombre de fausses identifications n'est pas indiqué de façon explicite, mais le groupe des odontologues expérimentés obtient une spécificité de 99,3%.

En résumé, en retenant les valeurs publiées dans quatre études ([MacLean et al., 1994], [Kogon et MacLean, 1996], [Wood et al., 1999], [Pretty et al., 2003]) – dont deux mentionnent des résultats obtenus par des odontologues expérimentés – et en écartant le cas particulier des dents mixtes – les valeurs de spécificité se situent entre 98% et 100%, soit des valeurs de γ comprises entre 0 et 2%.

En fonction des articles précités, la valeur de γ sera arrêtée de façon arbitraire à 0,3%.

En règle générale, l'exploitation de données radiographiques est préférée à celle de données non radiographiques. Selon ce principe, la valeur de γ retenue pour des données radiographiques devrait s'avérer plus sélective que les fréquences obtenues pour la plupart des données non radiographiques. Ce n'est pas le cas si 0,3% est retenue. Dans la banque de données *Ante-Mortem*, par exemple, sur 91 personnes annoncées¹⁰⁴, seules 20 présentent des valeurs de fréquences¹⁰⁵ supérieures ou égales à 0,3% (cf. figure 8.14).

La plupart des cas annoncés dans *Ante-Mortem* (61%) présentent des caractéristiques non radiographiques jamais répertoriées dans NHANES III. Pourtant la valeur de 0,3% sera maintenue pour la raison suivante: 0,3% ne représente pas une valeur surévaluée; conformément aux remarques d'Adams [Adams, 2003a]

104 Valeur relevée en juillet 2009.

105 Fréquences issues de recherches au format générique dans la banque de données NHANES III ($N=18'533$).

[Adams, 2003b], ce sont les valeurs probantes des données non radiographiques qui sont sous-estimées dans la réalité.

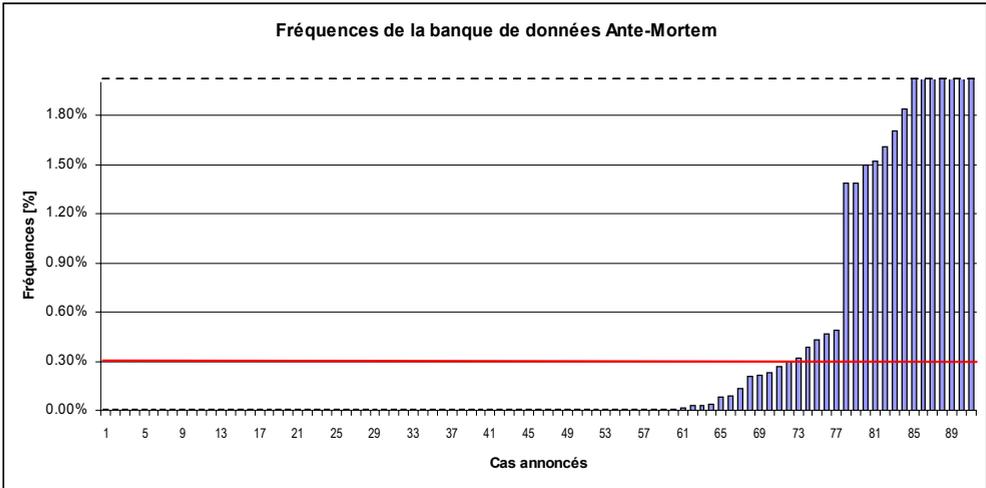


Fig. 8.14 - Fréquences de données non radiographiques des cas annoncés dans la banque de données *Ante-Mortem*. En rouge, le seuil de 0,3%.

Exemple 1b – validité maximale

Dans le scénario du premier exemple précité (homme découvert dans un appartement, identité supposée étant celle du locataire, un homme de 42 ans, configuration C^*_{c-c} , validité jugée maximale), si une radiographie AM est disponible et qu'elle correspond à la radiographie PM, le LR atteint 333 ($\gamma = 0,3\%$). Les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte atteignent 99,7%.

En cas de non-correspondance, les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte sont de 0% (exclusion).

Exemple 2b – validité réduite

Dans le scénario du second exemple précité (homme découvert dans la montagne, maxillaire inférieur manquant, identité supposée étant celle d'un homme de 75 ans, configuration C^*_{c-c} , validité jugée réduite de moitié), si une radiographie AM est disponible et qu'elle correspond à la radiographie PM, le LR atteint 167. Les probabilités *a posteriori* que l'identité soit correcte atteignent 99,4%.

En cas de non-correspondance et sans différence exclusive, les probabilités *a*

posteriori que l'identité soit correcte sont de 33%. En cas de non-correspondance avec au moins une différence exclusive, ces probabilités tombent à 0% (exclusion).

En comparant les résultats obtenus dans les exemples 1a et 1b (validité maximale), il s'avère que la recherche détaillée avec des données non radiographiques livre une fréquence plus faible que celle attribuée aux données radiographiques (respectivement 0,2% et 0,3%). Cette situation se défend par le fait que les données détaillées non radiographiques de plusieurs dents (28 en l'occurrence) ont atteint une valeur plus sélective que celle d'une seule donnée radiographique.

Dans les exemples 2a et 2b (validité réduite), en cas de non-correspondance et sans différence exclusive, il n'y a plus d'exclusions catégoriques. La validité réduite a eu pour effet de ne pas écarter définitivement l'hypothèse H_1 (il existe encore des probabilités que la personne décédée puisse correspondre à la personne supposée). Cet effet est conforme à l'objectif de ne pas exclure catégoriquement une personne en cas de non-correspondance (sans différence exclusive) lorsque les données comparées sont jugées peu fiables de par leur intra-variabilité.

8.5. ADN

Les modélisations proposées pour l'ADN seront adaptées de celles déjà publiées dans ce domaine (dont principalement [Dawid et al., 2002] et [Taroni et al., 2006a]).

La modélisation habituelle (cf. (i) sur la figure 8.15) intègre les hypothèses en concurrence (H), puis les variables représentant:

- ◆ le génotype de la trace (*trace genotype*, tgt^{106}), dépendant des gènes paternels (*trace paternal gene*, tpg) et des gènes maternels (*trace maternal gene*, tmg).
- ◆ le génotype du suspect (*suspect genotype*, sgt), dépendant des gènes paternels (*suspect paternal gene*, spg) et des gènes maternels (*suspect maternal gene*, smg).

Cette modélisation a déjà été maintes fois reprise et modifiée pour des applications spécifiques avec prise en compte de facteurs tels que la consanguinité, les effets de sous-population ou les mutations [Dobler, 2006]. Pour une application à

106 Les abréviations utilisées sont rassemblées dans un glossaire en début de document.

l'identification de personnes décédées, les variables concernant la trace sont substituées par celles concernant le corps à identifier. Dans les modélisations proposées ci-après, un « *y* » remplacera le « *t* » de trace des variables *tgt*, *tpg* et *tmg*. Les caractéristiques du suspect deviendront celles de la personne dont l'identité civile est supposée. Le « *s* » de « suspect » désignera « supposé », si bien que les termes *sgt*, *smg* et *spg* resteront les mêmes. Le résultat des comparaisons de profils d'ADN sera représenté par une variable *E* ou *L* selon qu'il s'agit d'un identifiant direct ou indirect (cf. (ii) sur la figure 8.15). Les sous-chapitres qui suivent indiqueront comment ces variables sont reliées aux hypothèses en concurrence (*H*).

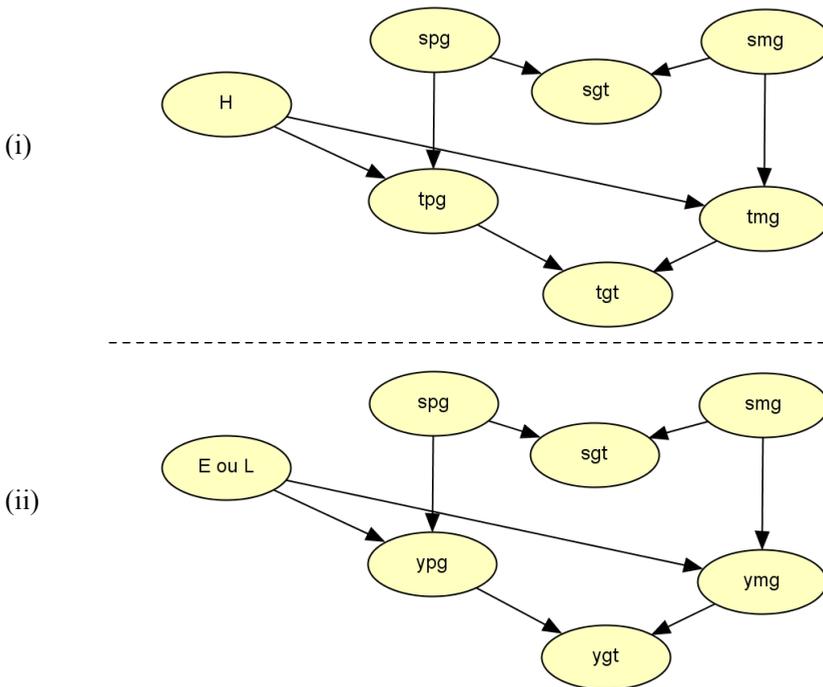


Fig. 8.15 - (i): modélisation habituelle d'examens génétiques entre une trace et un suspect. (ii): modélisation adaptée pour l'identification de personnes décédées.

Pour l'ADN, l'identifiant peut être direct ou indirect, ce qui engendre des sources d'incertitudes différentes. Dès lors, deux modélisations seront présentées, l'une pour l'identifiant direct, l'autre pour l'identifiant indirect.

Concernant les évaluations des résultats génétiques, la situation peut se présenter sous une forme simplifiée avec un nombre limité d'allèles et de génotypes pour un seul marqueur [Taroni et al., 2006a]. Cette simplification donne une idée du raisonnement pouvant être appliqué, par la suite, à tous les marqueurs.

Dans les modélisations présentées pour l'ADN, les mutations ne seront pas prises en compte. D'une part, la probabilité de mutations ne constitue pas une spécificité des applications de la génétique aux identifications de personnes décédées. D'autre part, les marqueurs utilisés en génétique forensique sont connus pour avoir des taux de mutation très faibles (de l'ordre de 5×10^{-4} à 7×10^{-3} par génération [Dawid et al., 2002]). À noter que les modélisations bayésiennes peuvent toujours être adaptées pour intégrer des problèmes spécifiques tels que ceux causés par les mutations, mais aussi les liens de paternité, les facteurs de consanguinité ou les traces mélanges [Cowell, 2003] [Dobler, 2006] [Taroni et al., 2006a].

8.5.1. Identifiant direct – variables retenues

Dans la modélisation proposée pour le processus d'identification avec profils d'ADN, identifiant direct, les éléments du LR expriment les probabilités suivantes:

$\Pr(E | H_1, I)$: probabilité d'observer les profils d'ADN avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1) et selon les informations du dossier (I).

$\Pr(E | H_2, I)$: probabilité d'observer les profils d'ADN avec les caractéristiques analysées (E) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2) et selon les informations du dossier (I).

Les profils d'ADN comparés sont constitués des profils PM (données source) et des profils AM (données de comparaison).

Au niveau des conventions, les n allèles du gène A peuvent être notés de A_1 à A_n . En règle générale, dans les modélisations bayésiennes, les états des gènes sont notés A_1 , A_2 et A_x , où A_x représente l'ensemble des autres allèles possibles [Taroni et al., 2006a]. Cette convention permet de noter les combinaisons comme suit: A_1-A_1 , A_1-A_2 , A_1-A_x , A_2-A_2 , A_2-A_x et A_x-A_x . Quant aux fréquences de ces allèles, dans une population donnée, elles sont indiquées par γ_1 , γ_2 et γ_x , respectivement pour A_1 , A_2 et A_x . La fréquence $\gamma_x = 1 - \gamma_1 - \gamma_2$.

Variables s_{pg} et s_{mg} : variables non conditionnelles indiquant les allèles paternels et maternels de la personne dont l'identité civile est supposée. Trois états possibles: A_1 , A_2 et A_x .

Variables y_{pg} et y_{mg} : variables conditionnelles indiquant les allèles paternels et maternels de la personne décédée. Ces variables dépendent de l'hypothèse selon laquelle les profils d'ADN examinés proviennent, ou non, de la

même personne (E) et des gènes de la personne dont l'identité est supposée (cf. table 8.18).

Table 8.18 - Probabilités conditionnelles des variables ypg et ymg .

	E	E			$\neg E$		
	spg (smg)	A_1	A_2	A_x	A_1	A_2	A_x
ypg (ymg)	A_1	1	0	0	γ_1	γ_1	γ_1
	A_2	0	1	0	γ_2	γ_2	γ_2
	A_x	0	0	1	γ_x	γ_x	γ_x

Variables ygt et sgt : variables conditionnelles indiquant les génotypes de la personne décédée (ou de la personne dont l'identité civile est supposée). Ces variables dépendent des allèles paternels et maternels de ces personnes (cf. table 8.19).

Table 8.19 - Probabilités conditionnelles des variables ygt et sgt .

	ypg (spg)	A_1			A_2			A_x		
	ymg (smg)	A_1	A_2	A_x	A_1	A_2	A_x	A_1	A_2	A_x
ygt (sgt)	A_1-A_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	A_1-A_2	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	A_1-A_x	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	A_2-A_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	A_2-A_x	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	A_x-A_x	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Lorsque le référentiel permet de disposer d'un identifiant direct (le profil d'ADN d'une personne décédée est comparé à un profil censé être identique), la modélisation proposée intègre la source d'incertitude provenant du référentiel. Étant donné que cette source d'incertitude est comparable à celle présentée pour la modélisation des empreintes digitales, une solution similaire est proposée: celle d'une variable source (F) dépendant du référentiel (R).

Concernant le référentiel (R), la distinction est faite entre des référentiels garantissant une identité civile fiable de ceux ne pouvant pas l'attester. L'expression *CODIS* est le générique des référentiels garantissant une identité civile fiable, tels que la banque de données CODIS, des hôpitaux ou des laboratoires. L'expression *Trace* désigne des référentiels n'attestant pas une identité civile fiable. Comme avec les traces digitales, *Trace₁* désigne une provenance en rapport direct avec une personne portée disparue (trace relevée dans l'appartement de la personne supposée ou sur un

de ses objets personnels). *Trace₂* désigne une provenance plus diffuse (trace relevée dans une zone ouverte au public ou sur un objet non personnel).

Variable *R*: variable non conditionnelle indiquant le référentiel. Trois états équiprobables: *CODIS*, *Trace₁* et *Trace₂*.

Variable *F*: variable conditionnelle indiquant les probabilités que l'identité civile supposée soit à l'origine du matériel AM. Deux états dépendant de *R*: le matériel AM provient de l'identité civile supposée (*F*) et le matériel AM ne provient pas de l'identité civile supposée, mais de quelqu'un d'autre ($\neg F$).

Lorsque le référentiel est *CODIS*, la probabilité que le matériel AM provienne de l'identité civile supposée est maximale. Cette probabilité est diminuée, de façon arbitraire, à 80% pour *Trace₁* et à 60% pour *Trace₂* (cf. table 8.20).

Table 8.20 - Probabilités conditionnelles de la variable *F* (source de l'identifiant direct).

		<i>R</i> :	<i>CODIS</i>	<i>Trace₁</i>	<i>Trace₂</i>
<i>F</i> :	<i>F</i> :		1	0,80	0,60
	$\neg F$:		0	0,20	0,40

Variable *E*: variable conditionnelle indiquant le résultat de la comparaison des profils d'ADN. Deux états dépendant de *H* et de *F*: correspondance (*E*) et non-correspondance ($\neg E$). À nouveau, comme pour la modélisation des empreintes digitales, l'attribution des valeurs de probabilités a visé les objectifs suivants:

- ◆ lorsque l'identité civile supposée est à l'origine du matériel AM, désigner *H₁* en cas de correspondance et l'exclure en cas de non-correspondance,
- ◆ lorsque l'identité civile supposée n'est pas à l'origine du matériel AM, reporter l'incertitude de *F* sur *H*.

Table 8.21 - Probabilités conditionnelles de la variable *E* (résultat de la comparaison des profils d'ADN).

		<i>H₁</i>		<i>H₂</i>	
		<i>F</i>	$\neg F$	<i>F</i>	$\neg F$
<i>E</i> :	Correspondance	1	0	0	1
	Non-correspondance	0	1	1	0

8.5.2. Identifiant direct – modélisation proposée

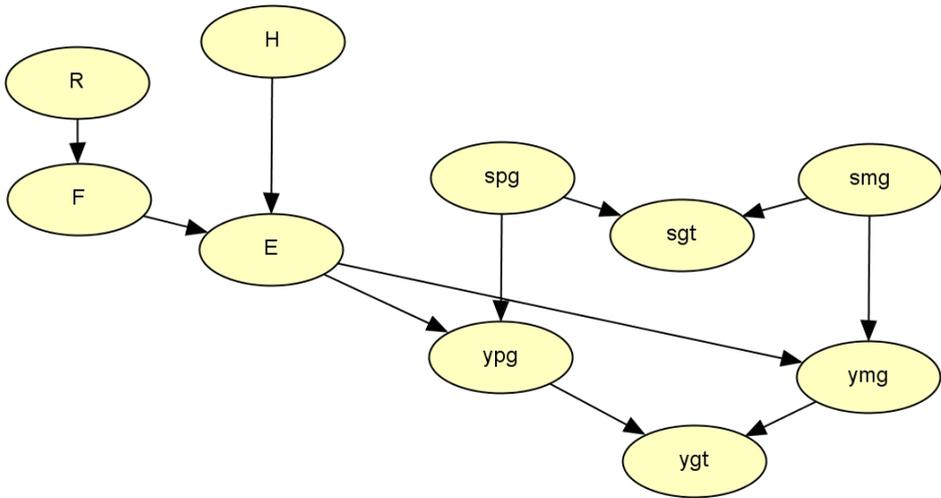


Fig. 8.16 - Modélisation pour évaluer l'identité civile avec des données ADN, identifiant direct.

Exemple d'application

Lorsque le profil d'ADN de la personne décédée est comparé avec un profil provenant de CODIS et que le spécialiste conclut à une non-correspondance, il y a exclusion. Par contre, une non-correspondance entre le profil PM et des traces génétiques provenant d'un objet personnel (*Trace*) n'exclut pas la possibilité qu'il puisse tout de même s'agir de la personne supposée.

8.5.3. Identifiant indirect – variables retenues

Lorsqu'il n'existe pas de profil d'ADN AM de la personne dont l'identité civile est supposée, le profil d'ADN de la personne décédée peut être comparé à celui d'un proche parent. Cette situation s'apparente à celle d'affaires pénales dans lesquelles un profil d'ADN trace est découvert, mais le suspect n'est pas disponible. Les enquêteurs peuvent comparer le profil trace avec des profils de proches parents du suspect. C'est la situation dite du « suspect manquant » [Taroni et al., 2006a].

Étant donné que les profils examinés ne sont plus censés provenir de la même personne comme cela était le cas avec un identifiant direct, la variable E est substituée par la variable L :

Variable L : variable non conditionnelle indiquant deux hypothèses alternatives équiprobables: la personne décédée et le donneur sont (L), ou ne sont pas ($\neg L$) biologiquement liés.

Cette première variable est importante et révèle à elle seule plusieurs spécificités propres aux identifiants indirects. En premier lieu, elle concerne des informations de l'identité biologique alors que l'hypothèse d'intérêt (H) se réfère à l'identité civile. Cette distinction souligne l'importance d'avoir distingué ces deux formes d'identité. En second lieu, c'est une variable non conditionnelle. Cela implique que ce ne sont plus les probabilités *a priori* de l'hypothèse d'intérêt qui seront équiprobables (soit $\Pr(H_1) = \Pr(H_2)$ comme pour les précédentes modélisations). Désormais, ce sont les probabilités *a priori* des liens biologiques qui sont égales (cf. figure 8.17, $\Pr(L) = \Pr(\neg L)$). Cette situation est logique puisque c'est en fonction de l'évaluation des liens biologiques qu'une identité civile pourra être attribuée. Ces constatations ont pour conséquence de faire de la variable H un nœud enfant alors que cette variable a toujours été un nœud parent jusqu'ici. Et le paramètre qui permettra d'évaluer l'impact des informations de l'identité biologique sur l'identité civile, est N :

Variable N : variable non conditionnelle indiquant le nombre de personnes portées disparues pouvant présenter le même type de lien biologique que celui constaté entre la personne décédée et le donneur. Il s'agit d'une variable allant de 1 à n .

N est une source d'incertitude spécifique aux identifiants indirects. Lorsque des liens biologiques sont avérés, ils n'impliquent la confirmation d'une identité civile que pour $n = 1$. Pour les autres valeurs, les probabilités *a posteriori* d'une identité civile correcte vaudront $\Pr(L | ypg, ymg)$ divisé par n (cf. figure 8.18). En cas d'exclusion au niveau des liens biologiques, la probabilité que l'identité civile supposée soit correcte sera nulle, quel que soit n .

Cette façon de procéder permet, en quelque sorte et pour le contexte précis des identifiants indirects, de tenir compte des effets de micro-population. En effet, lorsque la fréquence d'un profil d'ADN est estimée dans une large population d'intérêt, et lorsque H_2 concerne un individu quelconque de cette population, un profil d'ADN de 10 STR aboutit d'habitude à un rapport de vraisemblance supérieur à 100 milliards [Coquoz et Taroni, 2006]. Mais ce rapport diminue si H_2 concerne une personne apparentée à celle concernée par H_1 . En général, en science forensique, si le frère d'un suspect peut aussi être considéré comme auteur potentiel, les chances *a priori* passent de 1 sur plusieurs milliers ou millions à 1 sur 2 [Lempert, 1991] [Robertson et Vignaux, 1995]. Cette situation se présente lorsque, dans le contexte

de l'identification des personnes décédées, la population des identités possibles se limite à une identité supposée et à celle de son frère, tous deux portés disparus.

Variable H : variable conditionnelle indiquant si l'identité civile de la personne décédée correspond (H_1), ou non (H_2) à celle de la personne supposée. Cette variable dépend de L et de N .

Table 8.22 - Probabilités conditionnelles pour le nœud H .

$N:$		1		2		3			
$L:$		L	$\neg L$	L	$\neg L$	L	$\neg L$...	
$H:$	$H_1:$	1	0	0,5	0	0,33	0	n^{-1}	0
	$H_2:$	0	1	0,5	1	0,77	1	$1-n^{-1}$	1

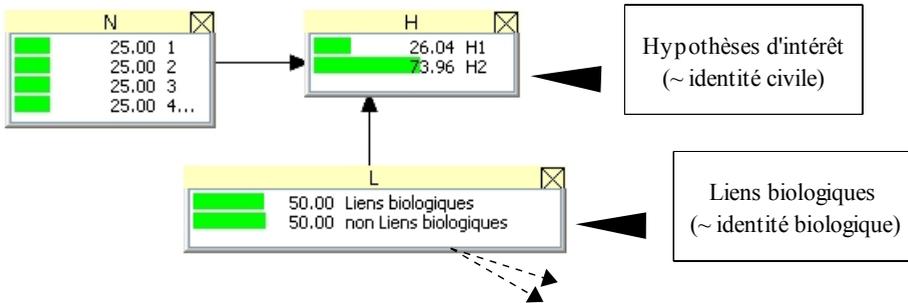


Fig. 8.17 - Début de la modélisation pour évaluer l'identité civile avec des données ADN, identifiant indirect.

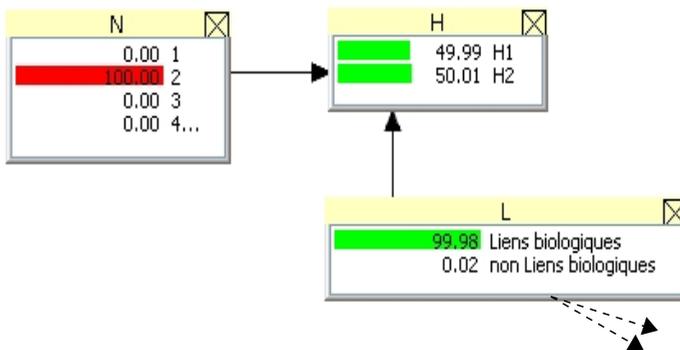


Fig. 8.18 - Exemple avec des liens biologiques pouvant concerner deux personnes portées disparues.

Dès lors, dans la modélisation proposée pour le processus d'identification avec profils d'ADN, identifiant indirect, les éléments du LR expriment les probabilités suivantes:

$\Pr(L | H_1, N, I)$: probabilité d'observer les profils d'ADN avec les caractéristiques analysées (L) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée est correcte (H_1), sachant N et selon les informations du dossier (I).

$\Pr(L | H_2, N, I)$: probabilité d'observer les profils d'ADN avec les caractéristiques analysées (L) dans l'hypothèse où l'identité civile supposée n'est pas correcte (H_2), sachant N et selon les informations du dossier (I).

Les profils d'ADN comparés sont constitués des profils PM (données source) et des profils de proches (données de comparaison). La modélisation proposée ne retient que les identifiants provenant des ascendants directs (père, mère) et des descendants directs (enfants). Pour chacun de ces donneurs, en plus des variables indiquant leurs génotypes et les allèles détectés, une variable indique si leur identité civile a été contrôlée par les enquêteurs lors du prélèvement. Un lien entre la personne décédée et le donneur n'aura une valeur maximale que lorsque l'identité du donneur aura été contrôlée.

Variables C_m , C_f et C_c : variables non conditionnelles indiquant si un contrôle d'identité a été fait pour la mère (C_m), le père (C_f) et l'enfant (C_c) de la personne dont l'identité civile est supposée. Deux états équiprobables: identité contrôlée et non contrôlée.

Variables mpg , mmg , fpg et fmg : variables non conditionnelles indiquant les allèles paternels et maternels de la mère (mpg et mmg) et du père (fpg et fmg) de la personne dont l'identité civile est supposée. Trois états possibles: A_1 , A_2 et A_x .

Variables mgt , fgt et cgt : variables conditionnelles indiquant le génotype de la mère (mgt), du père (fgt) et de l'enfant (cgt) de la personne dont l'identité civile est supposée. Ces variables dépendent des allèles respectifs et des contrôles effectués. Sans contrôle des identités civiles, les probabilités des génotypes attendus peuvent être diminuées de façon arbitraire avec les répercussions qui s'imposent sur l'ensemble des autres génotypes (cf. table 8.23 par exemple)¹⁰⁷.

107 Attention toutefois à ne pas trop diminuer les probabilités des génotypes attendus, sinon les valeurs complémentaires réparties sur les autres génotypes pourraient devenir supérieures aux fréquences, ce qui conduirait à des aberrations en cas d'incompatibilités génétiques sans contrôle d'identité.

Table 8.23 - Probabilités conditionnelles pour le nœud *fgt* (génotype du père de la personne dont l'identité est supposée). Exemple illustrant la façon de diminuer les valeurs des génotypes attendus.

<i>Cf</i>		<i>Avec contrôle</i>			<i>Sans contrôle</i>		
		<i>A₁</i>			<i>A₁</i>		
<i>fmg</i>		<i>A₁</i>			<i>A₁</i>		
<i>fpg</i>		<i>A₁</i>	<i>A₂</i>	<i>A_x</i>	<i>A₁</i>	<i>A₂</i>	<i>A_x</i>
<i>fgt</i>	<i>A₁-A₁</i>	1	0	0	0,990	0,002	0,002
	<i>A₁-A₂</i>	0	1	0	0,002	0,990	0,002
	<i>A₁-A_x</i>	0	0	1	0,002	0,002	0,990
	<i>A₂-A₂</i>	0	0	0	0,002	0,002	0,002
	<i>A₂-A_x</i>	0	0	0	0,002	0,002	0,002
	<i>A_x-A_x</i>	0	0	0	0,002	0,002	0,002
	<i>A_x-A₁</i>	0	0	0	0,002	0,002	0,002

Variables *smg* et *spg*: variables conditionnelles¹⁰⁸ indiquant les allèles maternels et paternels de la personne dont l'identité est supposée. Les allèles maternels dépendent de *mmg* et *mpg*. Les allèles paternels dépendent de *fpg* et *fmg*.

Pour l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée, la situation est quelque peu différente. La personne dont l'identité civile est supposée devient le géniteur et influence à ce titre les allèles détectés sur son enfant. La variable *s-sexe* détermine si cette personne est susceptible de transmettre les allèles paternels ou maternels.

Variable *s-sexe*: variable non conditionnelle indiquant le sexe de la personne dont l'identité civile est supposée. Deux états équiprobables: féminin et masculin.

Variables *cmg* et *cpg*: variables conditionnelles indiquant les allèles maternels et paternels de l'enfant de la personne dont l'identité civile est supposée. Ces variables dépendent de *s-sexe*, de *smg* et de *spg* (voir exemple table 8.24).

108 Ces variables étaient non conditionnelles avec un identifiant direct. Leur état n'étant plus connu de par l'absence de l'identifiant direct, elles deviennent conditionnées aux allèles paternels et maternels.

Table 8.24 - Probabilités conditionnelles pour le nœud *cmg* (allèles maternels de l'enfant). Les allèles ne peuvent être transmis que si la personne supposée est une femme.

<i>s-sexe</i>	<i>M</i>									<i>F</i>									
	<i>A₁</i>			<i>A₂</i>			<i>A_x</i>			<i>A₁</i>			<i>A₂</i>			<i>A_x</i>			
	<i>A₁</i>	<i>A₂</i>	<i>A_x</i>																
<i>cmg</i>	<i>A₁</i>	γ_1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0								
	<i>A₂</i>	γ_2	0	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0,5	0								
	<i>A_x</i>	γ_x	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1								

8.5.4. Identifiant indirect – modélisation proposée

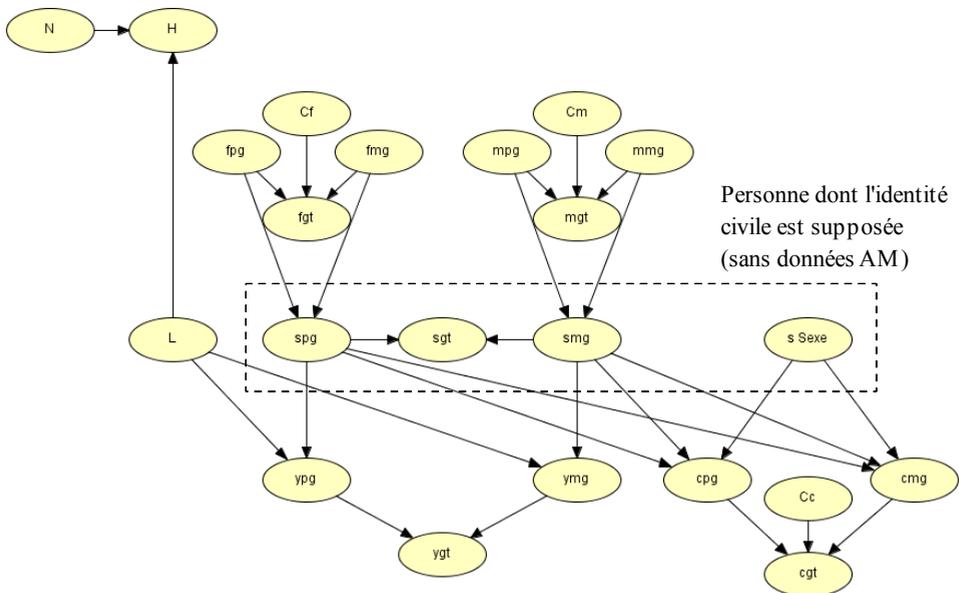


Fig. 8.19 - Modélisation pour évaluer l'identité civile avec des données ADN, identifiant indirect.

Exemple d'application

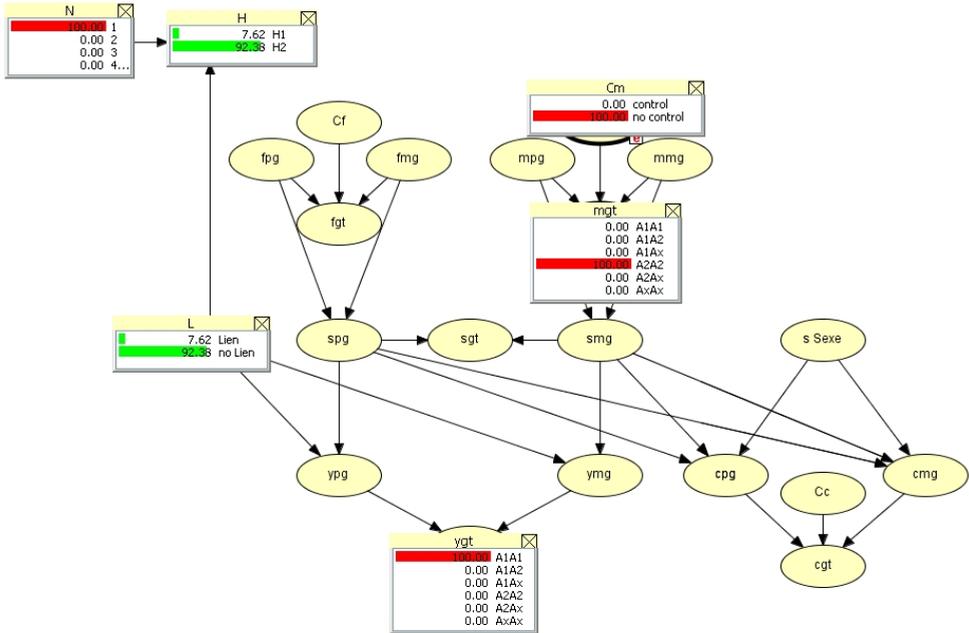


Fig. 8.20 - Exemple d'application avec un référentiel indirect.

Le profil d'ADN d'un homme décédé, supposé être Monsieur A., est établi. Ce profil est comparé au profil de la mère de Monsieur A. $\gamma_1 = 0,02$ et $\gamma_2 = 0,15$ ($\gamma_x = 0,83$). Il n'existe qu'une seule personne portée disparue susceptible de présenter un lien génétique mère-fils ($n=1$). Si, pour un marqueur donné, le génotype de la personne décédée est A_1A_1 et si celui de la donneuse est A_2A_2 , il y a exclusion au cas où l'identité civile de la donneuse a été contrôlée. Sans contrôle, H_1 n'est pas formellement exclue (cf. figure 8.20).

8.6. Rapport de vraisemblance global

Des modélisations bayésiennes ayant pu être proposées pour chacun des processus examinés (reconnaissance et identification), il convient encore de déterminer si un rapport de vraisemblance global peut être calculé.

Lorsque les résultats de plusieurs examens sont présentés sous la forme d'un LR, il est possible de déterminer un rapport de vraisemblance global à condition

que les éléments examinés soient indépendants. La question revient ainsi à déterminer si l'apparence d'une personne, ses empreintes digitales, ses données dentaires et son profil d'ADN constituent des éléments indépendants.

En soi, l'apparence d'un individu (intervenant dans le processus de reconnaissance) dépend de son ADN. La démonstration la plus simple étant qu'il s'agit soit d'un homme, soit d'une femme. Cette distinction génétique a aussi un impact sur les particularités dentaires. Comme indiqué au sous-chapitre 6.1.2 (*Profiling* dentaire PM), les dents, prises isolément, ne montrent pas de différences significatives entre hommes et femmes, ni entre origines ethniques. Par contre, leur répartition spatiale constitue un dimorphisme sexuel et fait apparaître des différences selon les origines ethniques. Dès lors, il n'est pas exclu que certaines répartitions spatiales puissent favoriser des altérations, donc influencer la probabilité de traitements. Un autre indice que données génétiques et dentaires sont liées se trouve dans les travaux de [Dahlberg, 1986] qui avait repéré des parentés morphologiques d'une génération à l'autre (cf. Divers du sous-chapitre 6.5, Référentiel de données dentaires). Concernant les liens entre la génétique et les empreintes digitales, il semble aussi que des influences soient perceptibles. Les spécialistes savent que si les empreintes digitales de deux jumeaux univitellins sont différentes, les chances qu'elles présentent des caractéristiques proches sont élevées. D'autre part, la constitution de grandes banques d'empreintes digitales a permis de constater que les caractéristiques de niveau I ne sont pas équiprobables selon les sexes. Et puisque l'ADN influence l'apparence d'une personne, ses données dentaires et ses empreintes digitales, il en résulte que tous ces éléments sont liés entre eux.

Cependant, il convient de préciser que ces liens se défendent sur un plan épistémologique. Tout d'abord, ce n'est pas l'ADN d'un individu qui apparaît dans le processus d'identification, mais son profil, soit un sous-ensemble (non codant) de l'ADN. Ainsi, dans la pratique, les influences peuvent être considérées comme négligeables. Dès lors, un présupposé d'indépendance sera admis.

Avec des éléments d'identification indépendants E_1, E_2, \dots, E_n (empreintes digitales - ADN - caractéristiques dentaires par exemple), il est possible de déterminer un rapport de vraisemblance global selon deux techniques [Aitken et Taroni, 2004] [Taroni et al., 2006a]. La première consiste à reprendre les chances *a posteriori* obtenues suite à l'analyse de E_1 et à les considérer comme chances *a priori* dans l'analyse de E_2 , et ainsi de suite.

$$\begin{aligned}
 & \frac{\Pr(H_1 | I)}{\Pr(H_2 | I)} \cdot \frac{\Pr(\mathbf{E}_1 | H_1, I)}{\Pr(\mathbf{E}_1 | H_2, I)} = \frac{\Pr(H_1 | I, \mathbf{E}_1)}{\Pr(H_2 | I, \mathbf{E}_1)} \quad \text{puis} \\
 & \frac{\Pr(H_1 | I, \mathbf{E}_1)}{\Pr(H_2 | I, \mathbf{E}_1)} \cdot \frac{\Pr(\mathbf{E}_2 | H_1, I, \mathbf{E}_1)}{\Pr(\mathbf{E}_2 | H_2, I, \mathbf{E}_1)} = \frac{\Pr(H_1 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)}{\Pr(H_2 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)} \quad \text{puis} \\
 & \frac{\Pr(H_1 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)}{\Pr(H_2 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)} \cdot \frac{\Pr(\mathbf{E}_3 | H_1, I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)}{\Pr(\mathbf{E}_3 | H_2, I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2)} = \frac{\Pr(H_1 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{E}_3)}{\Pr(H_2 | I, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{E}_3)}.
 \end{aligned} \tag{8.17}$$

La seconde technique consiste à évaluer l'ensemble des éléments d'identification indépendants avec un seul rapport de vraisemblance:

$$\text{LR} = \frac{\Pr(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n | H_1, I)}{\Pr(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n | H_2, I)}, \tag{8.18}$$

avec $\Pr(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n | H_1, I) = \Pr(E_1 | H_1, I) \cdot \Pr(E_2 | H_1, I) \cdot \dots \cdot \Pr(E_n | H_1, I)$.

Exemple d'application

Trois processus sont engagés pour identifier une personne décédée. Chacun de ces processus est confronté à diverses difficultés car les conditions de témoignage ou de comparaisons ne sont pas optimales (exemples: mauvaises conditions mnésiques pour le témoin, données dentaires très anciennes, empreintes digitales non disponibles dans une banque de données, liens génétiques de parents éloignés).

Chacun de ces processus livre un LR de 3. Si $\Pr(H_1) = \Pr(H_2) = 50\%$, les probabilités *a posteriori* de chaque examen, prises isolément, sont de 75% (cf. figure 8.21). En appliquant le principe de la formule (8.17), les probabilités *a posteriori* de l'ensemble des trois domaines atteignent 96% (cf. figure 8.22).

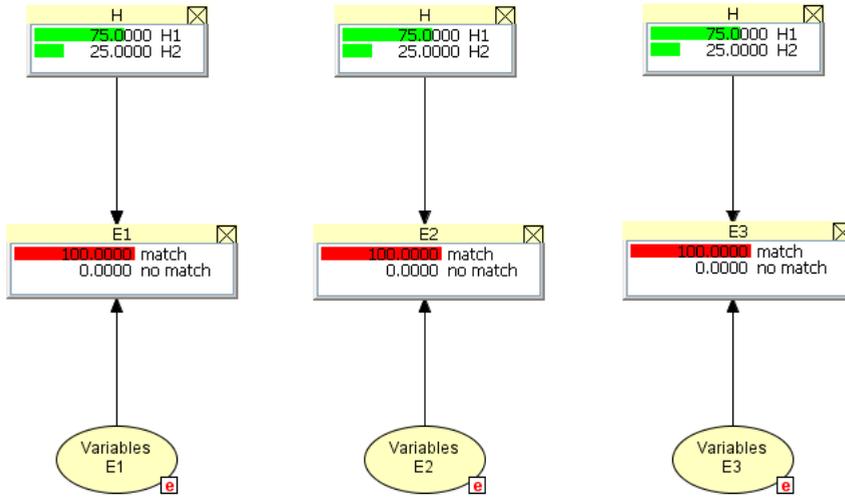


Fig. 8.21 - Exemple de trois processus distincts.

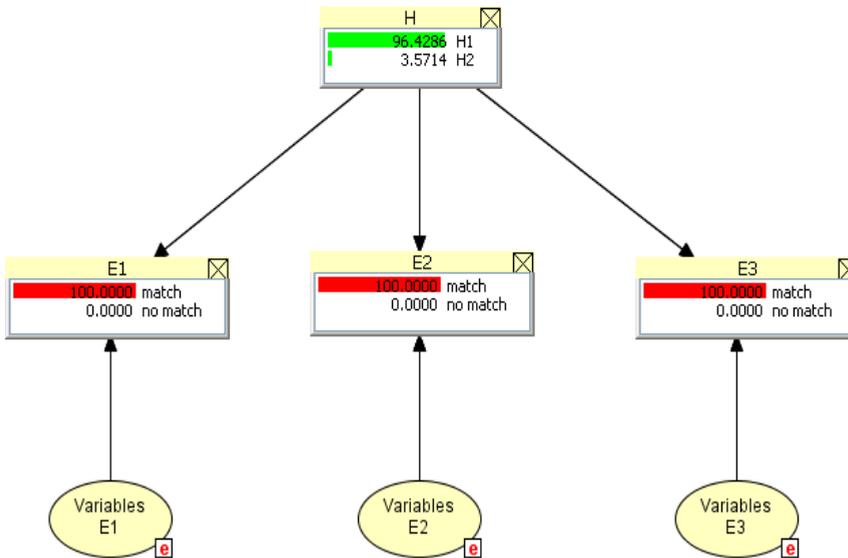


Fig. 8.22 - Exemple de trois processus rassemblés.

8.7. Théorie de la prise de décision

Comme relevé dans le sous-chapitre 4.1.2. (Les processus), le but d'atteindre une individualisation ne résulte pas seulement d'inférences probabilistes, mais nécessite une prise de décision au terme des analyses réalisées. Dans ce but, les modélisations présentées peuvent être complétées par des modèles décisionnels tels que ceux présentés par [Taroni et al., 2005] [Taroni et al., 2006a] [Taroni et al., 2006b] [Biedermann et al., 2008] [Taroni et al., 2010]. Ces modèles font état de trois aspects principaux.

Le premier est la liste des situations incertaines possibles, ou événements, appelés « *state of nature* », notés θ_1 à θ_m . Cette liste doit être exhaustive et exclusive. Les probabilités associées à ces situations sont notées $\Pr(\theta_1)$ à $\Pr(\theta_m)$.

Le deuxième aspect est la liste des décisions parmi lesquelles le preneur de décision portera son choix. Ces décisions sont notées d_1 à d_n . À nouveau, leur liste doit être exhaustive et exclusive.

Le troisième aspect est l'estimation des conséquences auxquelles conduit une décision d_i (où $i = 1, \dots, n$) selon une situation incertaine θ_j (où $j = 1, \dots, m$). Ces conséquences sont notées C_{ij} . Il existe une conséquence distincte pour chacune des combinaisons constituées par une situation et une décision (cf. table 8.25). À chacune des conséquences possibles, une valeur numérique est attribuée pour exprimer le degré de « désirabilité ». Ces valeurs sont appelées « utilités » et sont notées $u(C_{ij})$ ¹⁰⁹.

Dans la problématique de l'identification de personnes décédées, ces paramètres sont les suivants:

- ◆ θ_1 : l'identité civile de la personne décédée correspond à l'identité supposée.
- ◆ θ_2 : l'identité civile de la personne décédée correspond à une autre identité que celle supposée.
- ◆ d_1 : identification¹¹⁰.
- ◆ d_2 : non-détermination.
- ◆ d_3 : exclusion.

109 La valeur d'utilité peut être exprimée en termes de probabilité. Pour les estimations et la théorie sous-jacente, voir [Taroni et al., 2010].

110 Comme déjà indiqué dans le chapitre 4.1.2 (Les processus), le terme « identification » est à prendre au sens « d'individualisation ». C'est le stade ultime du processus – de reconnaissance ou d'identification – qui a permis de distinguer la personne décédée de toutes les autres. Ainsi, dans notre contexte, pour le processus de reconnaissance, le terme « identification » représente aussi le cas d'une « reconnaissance positive correcte ».

Les conséquences C_{ij} se présentent comme suit:

Table 8.25 - Table des conséquences selon les décisions (d_i) et selon les événements (θ_j).

	θ_1	θ_2
d_1 (identification)	C_{11} (identification correcte)	C_{12} (identification incorrecte)
d_2 (non-détermination)	C_{21} (état « neutre »)	C_{22} (état « neutre »)
d_3 (exclusion)	C_{31} (exclusion incorrecte)	C_{32} (exclusion correcte)

Concernant l'estimation des conséquences par l'attribution de valeurs d'utilité, [Cole, 2009] fait remarquer que ce devrait être aux preneurs de décision de se déterminer, soit, en règle générale, aux organes de justice plutôt qu'aux spécialistes. Dans le domaine de l'identification de personnes décédées, ce conseil n'a pas lieu d'être puisque c'est le spécialiste qui est le preneur de décision.

C_{11} et C_{32} n'appellent pas de commentaires particuliers. Étant donné les conditions, ce sont des conséquences idéales. Dans le cas C_{11} , la famille de l'individu supposé recevra le corps de son proche, lequel ne sera plus recherché. Dans le cas C_{32} , la famille ne recevra pas le corps d'une personne qui n'était pas son proche. La personne dont l'identité civile était supposée reste portée disparue. Quant aux enquêteurs, ils doivent formuler une nouvelle hypothèse sur l'identité civile de la personne décédée. Dès lors, les utilités $u(C_{11})$ et $u(C_{32})$ seront fixées à 1 chacune (cf. table 8.26).

C_{12} se situe à l'opposé de ces deux premières situations: c'est la conséquence la plus désastreuse. La famille de l'individu supposé recevra un corps qui ne la concerne pas. C'est une première conséquence fâcheuse. Mais cette situation implique aussi qu'une autre famille (la famille « correcte ») est privée de la possibilité de retrouver son proche. En cas de découverte tardive de l'erreur, C_{12} prive cette famille de ses rites d'adieu. Ainsi chaque erreur C_{12} implique des conséquences dommageables pour deux identités civiles distinctes et, en conséquence, pour deux familles distinctes. Dès lors, l'utilité $u(C_{12})$ sera fixée à 0 (cf. table 8.26).

C_{31} implique que le corps de la personne décédée ne sera pas restitué à ses proches. Pour la famille, c'est la possibilité de retrouver leur proche qui s'écarte. Pour les enquêteurs, bien qu'ils aient formulé une hypothèse correcte sur l'identité civile de la personne décédée, ils devront formuler de nouvelles hypothèses, néces-

sairement incorrectes. L'utilité $u(C_{31})$, désignée par β , sera fixée, par exemple, à 0,2.¹¹¹

Concernant $u(C_{21})$ et $u(C_{22})$, la question peut se poser de savoir s'il convient de les distinguer (en α et α' par exemple). La non-détermination dans l'hypothèse où l'identité civile de la personne décédée était correctement posée (θ_1) semble un peu plus dommageable qu'une non-détermination dans l'hypothèse alternative (θ_2). C'est pourquoi la valeur attribuée à α sera légèrement plus faible de celle attribuée à α' , soit respectivement 0,7 et 0,8 (valeurs fixées selon la même règle que pour β précédemment).

Dès lors, les valeurs suivantes ont été attribuées aux utilités $u(C_{ij})$:

Table 8.26 - Table des utilités.

	θ_1	θ_2
d_1	$u(C_{11}) = 1$	$u(C_{12}) = 0$
d_2	$u(C_{21}) = \alpha$	$u(C_{22}) = \alpha'$
d_3	$u(C_{31}) = \beta$	$u(C_{32}) = 1$
Probabilités	$\Pr(\theta_1)$	$\Pr(\theta_2) = 1 - \Pr(\theta_1)$

La décision finale doit être choisie de façon cohérente. La règle de la maximisation de l'utilité espérée est un critère de cohérence. Ainsi:

$$\bar{u}(d_i) = \sum_{j=1}^n u(C_{ij}) \Pr(\theta_j). \quad (8.19)$$

Dès lors, les utilités espérées des décisions d_i sont :

$$\bar{u}(d_1) = u(C_{11})\Pr(\theta_1) + u(C_{12})(1 - \Pr(\theta_1)) = \Pr(\theta_1) + 0 = \Pr(\theta_1), \quad (8.20)$$

$$\bar{u}(d_2) = u(C_{21})\Pr(\theta_1) + u(C_{22})(1 - \Pr(\theta_1)) = \alpha \Pr(\theta_1) + \alpha'(1 - \Pr(\theta_1)), \quad (8.21)$$

$$\bar{u}(d_3) = u(C_{31})\Pr(\theta_1) + u(C_{32})(1 - \Pr(\theta_1)) = \beta \Pr(\theta_1) + (1 - \Pr(\theta_1)). \quad (8.22)$$

Ces utilités peuvent être présentées graphiquement en fonction des valeurs de θ_1 (cf. figure 8.23).

111 Cette probabilité est celle qui apparaît dans la question suivante: le preneur de décision préfère t-il la conséquence C_{31} avec certitude ou la meilleure conséquence (par exemple C_{11} ou C_{32}) avec une probabilité ? En d'autres termes, quand est-il indifférent entre ces deux conséquences ? Ce « seuil d'indifférence » n'est que la valeur de l'utilité $u(C_{31})$. La théorie et d'autres exemples sont présentés dans [Taroni et al., 2010].

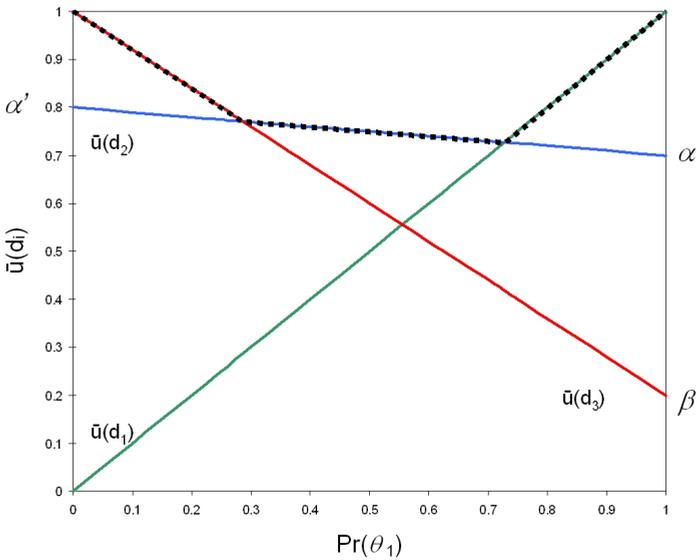


Fig. 8.23 - Représentation des utilités espérées en fonction de $\text{Pr}(\theta_1)$. La décision d_1 représente l'identification, d_2 représente la non-détermination et d_3 l'exclusion. La ligne pointillée noire représente les décisions d'utilités espérées maximales sur la base des valeurs particulières de $\text{Pr}(\theta_1)$.

Les différents éléments de ce type d'approche décisionnelle peuvent être intégrés aux modélisations présentées dans les sous-chapitres précédents. La figure 8.24 montre une telle adaptation à la modélisation proposée pour le processus d'identification avec empreintes digitales.

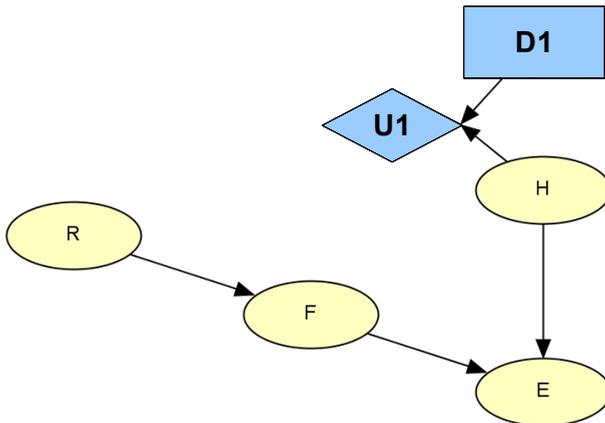


Fig. 8.24 - Modélisation décisionnelle. Le nœud U1 intègre les utilités attribuées. Le nœud D1 indique les décisions possibles, dont celle ayant la plus grande utilité espérée.

Exemples d'application

Soit un cas pour lequel le spécialiste dispose de bonnes empreintes digitales PM qu'il compare avec des empreintes digitales AM. La modélisation décisionnelle intégrant les valeurs indiquées plus haut livre les résultats suivants :

Table 8.27 - Résultat de la modélisation décisionnelle pour les empreintes digitales.

	Avec <i>AFIS</i>		Avec <i>Trace₁</i>		Avec <i>Trace₂</i>	
	<i>Correspondance</i>	<i>Non correspondance</i>	<i>Correspondance</i>	<i>Non correspondance</i>	<i>Correspondance</i>	<i>Non correspondance</i>
$Pr(\theta_1) = 25\%$	Identification	Exclusion	Non détermination	Exclusion	Non détermination	Exclusion
$Pr(\theta_1) = 50\%$	Identification	Exclusion	Identification	Exclusion	Non détermination	Non détermination
$Pr(\theta_1) = 75\%$	Identification	Exclusion	Identification	Non détermination	Identification	Non détermination

La table 8.27 révèle des prises de décision cohérentes :

- ◆ Avec le référentiel *AFIS* (soit un référentiel sur lequel figurent des empreintes digitales et des informations concernant l'identité civile), le spécialiste peut compter sur une identité civile fiable liée aux empreintes digitales de comparaison AM. En conséquence, quelles que soient les valeurs de $Pr(\theta_1)$, il est en mesure de pouvoir prononcer une identification en cas de correspondance ou une exclusion en cas de non-correspondance.
- ◆ Avec les référentiels *Trace₁* (trace digitale relevée sur un objet personnel) ou *Trace₂* (trace digitale relevée sur un objet non personnel ou dans une zone ouverte au public), le spécialiste ne peut pas compter sur une identité civile fiable liée à son matériel de comparaison AM. En conséquence, plus l'incertitude sur l'identité civile du matériel de comparaison augmente, plus les situations de non-détermination augmentent. Dans la configuration la moins favorable, soit avec *Trace₂*, il ne subsiste qu'un cas d'identification (soit lorsque $Pr(\theta_1)$ était initialement la plus élevée), et qu'un cas d'exclusion (soit lorsque $Pr(\theta_1)$ était initialement la plus faible).

Chapitre 9

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les quatre processus les plus utilisés pour déterminer l'identité civile de personnes décédées ont été analysés. Sur un plan pratique, il est possible de présenter l'ensemble de ces processus dans un ordre chronologique d'application. À chaque étape, selon les résultats obtenus, le spécialiste peut arrêter ses investigations (en cas de reconnaissance ou d'identification), les poursuivre (en cas de non-détermination) ou les recommencer avec une autre identité supposée (en cas d'exclusion). Le premier processus proposé est celui de la reconnaissance, suivi, dans l'ordre, des processus d'identification par empreintes digitales, par données dentaires puis par données génétiques (cf. annexe 7).

L'analyse de ces processus ainsi que la présentation de leurs modélisations permettent d'aboutir à la mise en réseau de leurs résultats respectifs. Cela répond à l'hypothèse principale de ce travail qui consistait à exploiter, de façon complémentaire, les résultats issus de plusieurs processus différents. Et ce résultat permet d'atteindre l'objectif fondamental qui a été posé: celui de pouvoir déterminer, avec une incertitude maîtrisée, les identités civiles de personnes décédées.

Dans la pratique, de nombreuses questions peuvent encore se poser. Sans être exhaustif, en voici quelques-unes:

- ◆ Faut-il envisager une modélisation qui intégrerait un outil de gestion des données ?

- ◆ Quel est le niveau de précision et le nombre d'informations qu'il convient de rechercher ou d'appliquer ?
- ◆ Comment gérer des résultats contradictoires ?
- ◆ Le contexte de l'identification des personnes décédées constituant un contexte particulier des activités forensiques, quelles en sont les conséquences, notamment en ce qui concerne la nature du risque encouru en cas d'erreurs ?

9.1. Modèle et outil de gestion des données

Une modélisation est-elle nécessaire ?

Jusqu'à ce jour, la plupart des modélisations appliquées dans le domaine de l'individualisation d'une personne décédée étaient empruntées aux autres domaines forensiques, sans qu'une modélisation spécifique n'ait été jugée nécessaire (modélisations bayésiennes conçues pour les examens génétiques par exemple). Par contre, les aspects développés dans ce travail ont montré que des spécificités apparaissent dans les processus lorsqu'ils sont appliqués aux personnes décédées (positionnement inversé de la source, incertitudes propres aux identifiants ou nécessité de déterminer une identité civile en plus d'une individualisation par exemple). C'est pourquoi, même si elle n'est pas indispensable, une modélisation propre à l'individualisation des personnes décédées se défend.

En soi, une modélisation n'est pas le garant d'un résultat fiable. Par contre, la conception d'une modélisation appropriée à une problématique donnée contraint à identifier des sources d'incertitude précises. Cet aspect est certainement le plus important dans la démarche proposée.

Pour un observateur externe, une modélisation spécifique est aussi un moyen simple permettant d'indiquer les étapes des processus et les paramètres retenus. Face à certains problèmes, c'est aussi un moyen pour trouver des solutions. Par exemple, dans le sous-chapitre 6.2 (Intra-variabilité des dents), il a été constaté que l'intra-variabilité dentaire était un fait acquis pour lequel il n'existait pas de règle. Cette situation représentait un obstacle pour estimer la valeur probante d'un résultat impliquant des données intra-variables. Partant de ce constat, la modélisation a permis de franchir cet obstacle en retenant et en intégrant des variables dont les influences sont reconnues comme déterminantes lorsque des données intra-variables sont comparées.

Concernant la prise de décision finale, au terme d'un ou de plusieurs processus, une modélisation n'est pas indispensable non plus. En effet, le spécialiste¹¹² ne dépend pas de Bayes pour décider. Par contre, ce type d'approche devient déterminant lorsqu'il convient de faire la synthèse des résultats issus de différents domaines. Par le caractère universel de son langage, l'approche bayésienne permet de tendre vers une appréciation globale.

Outils de gestion des données

Concernant la gestion des données, les processus de reconnaissance ou d'identification d'une personne décédée n'impliquent pas un nombre d'informations suffisamment élevé pour nécessiter un outil de gestion particulier. Sur de longues périodes, l'accumulation des informations relatives à ces processus ne se gère pas comme des séries de crimes ou de délits pour lesquels il est supposé qu'un même auteur ou un même groupe d'auteurs puisse avoir agi. Les informations AM ou PM ne sont pertinentes que pour un cas et ne peuvent guère être utilisées à d'autres fins (exception faite de leur enregistrement dans des banques de données en vue de comparaisons ultérieures ou pour sélectionner des candidats possibles).

Une exception est envisageable: le cas particulier des catastrophes pour lesquelles les données AM et PM peuvent s'avérer nombreuses et de natures diverses. Mais dans ce domaine, des outils de gestion existent déjà. Toutefois, ces outils ne représentent qu'une aide dans la gestion des données. Ils ne sont pas conçus pour permettre d'évaluer le potentiel discriminant des données impliquées dans les comparaisons réalisées (évaluation dont il a été question dans ce travail).

9.2. Niveau de précision et nombre d'informations

De nombreux organismes responsables d'identifier des personnes décédées¹¹³ recommandent d'appliquer, dans chaque cas, plusieurs processus pour garantir un de-

112 Rappel: dans le domaine de l'identification des personnes décédées, c'est bien du – ou des – spécialiste(s) dont il s'agit essentiellement, et non du magistrat. C'est à nouveau une des spécificités de ce domaine.

113 Dont le DVI (*Disaster Victim Identification*) pour les pays membres d'Interpol, ou encore des organismes américains tels que le DMORT (*Disaster Mortuary Operations Response Team*), l'AFDIL (*Armed Forces DNA Identification Laboratory*) et le FEMA (*Federal Emergency Management Agency*).

gré de certitude le plus élevé possible. En s'assurant de prendre en compte toutes les sources d'incertitude et en connaissant les valeurs probantes des éléments exploités, une telle recommandation ne se justifie plus de façon systématique. Lorsque avec un seul processus, le degré de certitude d'un résultat est très élevé, et que les données sont fiables, authentifiées, le fait d'engager de nouveaux processus n'augmente pas nécessairement la précision. La volonté de recourir à des processus multiples découle de l'idée qu'un nombre élevé d'informations est synonyme d'une grande précision. Plus un témoin ou un spécialiste a d'informations, plus il se sent confiant. Cependant, la précision n'augmente pas avec la confiance et il n'y a pas de lien entre la confiance et la précision [Risinger et al., 2002] [Saks et al., 2003]. Il est même parfois possible d'augmenter le nombre d'informations (ce qui fera augmenter le sentiment de confiance) tout en diminuant la précision.

Pour illustrer cette constatation, imaginons que deux spécialistes doivent identifier une personne décédée, de façon indépendante et non coordonnée.

- ◆ Le premier utiliserait un seul processus. Il comparerait les empreintes digitales PM avec des empreintes digitales enregistrées dans AFIS au nom de la personne dont l'identité est supposée. Il constaterait une correspondance.
- ◆ Le second spécialiste utiliserait plusieurs processus. Il relèverait tout d'abord plusieurs traces digitales dans l'appartement de la personne dont l'identité est supposée. Il constaterait plusieurs correspondances avec les empreintes PM. Puis il relèverait plusieurs traces génétiques sur des objets personnels. À nouveau, ces traces révéleraient des profils d'ADN correspondant avec le profil PM. Puis il utiliserait les profils d'ADN d'un frère et d'un cousin pour lesquels il obtiendrait certaines valeurs probantes.

Des deux spécialistes, le premier n'a engagé qu'un seul processus, mais il a atteint un degré de certitude plus élevé que le second.

9.3. Gestion de résultats contradictoires

Lorsque les résultats de chacun des processus engagés sont convergents (de façon positive ou négative), aucun problème particulier ne se pose. Lorsque chacune des inférences est positive, mais sans qu'il soit possible de formuler un résultat catégorique (comme cela peut se produire pour des cas difficiles et complexes), la mise en réseau permet d'atteindre un degré de certitude global. Les problèmes surviennent lorsque les résultats des différents processus engagés sont divergents.

Exemple: une personne décédée est exclue par ADN, mais reconnue par des témoins. S'agit-il d'une reconnaissance positive erronée, avec un résultat génétique correct, ou s'agit-il d'une reconnaissance positive correcte concernant une personne pour laquelle les liens biologiques ne sont pas conformes à ce qui était supposé, comme cela peut être le cas avec des enfants illégitimes, des enfants adoptés, voire d'autres événements aux conséquences biologiques inattendues ?

Pour régler la problématique des divergences de résultats obtenus pour un même corps, il est proposé de vérifier les points suivants:

1. L'identité civile liée au(x) référentiel(s) est-elle fiable ?
2. Les divergences sont-elles explicables ?
3. Les formes d'identité révélées sont-elles les mêmes ?

Le premier point se conçoit sans difficulté. Il n'est pas exclu qu'une identité civile incorrecte soit liée à un référentiel. Si Monsieur B. s'est annoncé sous l'identité de Monsieur A. au moment de l'enregistrement de ses empreintes digitales, lorsqu'une personne décédée sera supposée être Monsieur A., les examens génétiques soutiendront cette hypothèse, mais la comparaison d'empreintes digitales l'infirmesera.

Concernant le deuxième point, des divergences peuvent être constatées, mais s'expliquer sur le plan scientifique. Les mutations en sont un exemple pour des référentiels indirects. Ce peut être aussi le cas avec des profils d'ADN extraits de prélèvements différents: cheveux, salive, sang par exemple. S'il y a des divergences, il peut être judicieux d'établir un nouveau profil avec un prélèvement d'une autre nature.

Le dernier point mérite quelques précisions car c'est peut-être celui qui révèle les difficultés les plus complexes à résoudre.

Formes d'identités différentes

Exemple 31 :

Le 15 décembre 1983, dans une maternité de Varsovie, naît une petite fille: Edyta Wierzbicka. Quelques heures plus tard, dans la même maternité, c'est la famille Ofmańska qui s'agrandit par la naissance de jumelles: Nina et Katarzyna.

Après deux semaines, il s'avère que ces trois nouveau-nées sont atteintes de pneumonie, ce qui rend nécessaire leur déplacement dans un autre hôpital de la ville.

Dix-sept ans plus tard, Edyta, Nina et Katarzyna sont des adolescentes qui fréquentent le même lycée. Un fait dérange Edyta: ses camarades l'appellent souvent Katarzyna. Cette dernière relève la même confusion car elle est souvent appelée Edyta. De surprises en doutes, des tests génétiques sont entrepris, tests qui permet-

tront de découvrir qu'Edyta est en fait la véritable sœur jumelle de Katarzyna. Les bébés avaient été malencontreusement échangés lors de leur déplacement dans l'établissement spécialisé.



Fig. 9.1 - De gauche à droite: Edyta Wierzbicka, Nina Ofmańska et Katarzyna Ofmańska. Source: <http://szukaj.gazeta.pl> (dernière consultation le 15.02.2007).

Si les examens ont révélé des formes d'identités différentes, il est possible que les résultats soient conformes aux faits administratifs et biologiques, mais que ces faits soient perçus comme contradictoires par rapport à ce qui était attendu. Les explications des divergences observées ne sont pas toujours connues, ce qui constitue une difficulté.

L'exemple 31 illustre cette problématique. Il démontre bien les différences entre les identités biologique et civile. Sur le plan génétique, les analyses entreprises ont permis de désigner les véritables descendantes biologiques des deux familles. Pourtant, sur le plan civil, les informations administratives attribuées aux enfants n'ont pas changé. Des trois jeunes filles, une seule n'est pas confrontée à une modification de ses identités civile et biologique: Katarzyna Ofmańska. L'erreur a été détectée et les familles ont décidé de ne rien changer à leur composition antérieure. Mais il est intéressant d'imaginer quelles auraient été les conséquences de cette situation selon différents scénarios.

Concernant une des deux jeunes filles échangées (Edyta ou Nina), des identifiants directs (données dentaires, empreintes digitales par exemple) auraient été susceptibles de l'identifier sous l'identité connue de ses proches. En effet, dans ce cas, c'est une identité civile qui est reportée.

Si Edyta (ou Nina) avait dû être identifiée avec l'ADN de ses parents (identifiants indirects), les résultats génétiques auraient conduit à des incompatibilités. Mis à part des erreurs de laboratoire et des événements insolites (don d'ovule ou de

sperme, chimérisme ou autres événements tels que celui qui s'est réellement passé), les enquêteurs se seraient retrouvés face à deux alternatives:

- ◆ soit l'identité biologique des parents aurait été considérée comme correcte et, en conséquence, l'identité biologique supposée de la jeune fille aurait été considérée comme incorrecte;
- ◆ soit l'identité biologique supposée de la jeune fille aurait été considérée comme correcte et, en conséquence, l'identité biologique des parents aurait été remise en question.

Dans le cadre d'une catastrophe avec plusieurs corps à identifier, il est vraisemblable que la première alternative aurait été retenue (fausse exclusion).

Finalement, si Edyta (ou Nina) s'était annoncée comme donneuse d'ADN pour identifier ses parents, il est vraisemblable que les identités supposées (pourtant correctes) auraient été écartées pour les mêmes raisons que celles indiquées ci-dessus.

9.4. Importance du contexte spécifique et nature du risque

Contexte spécifique

Identifier des personnes décédées est une tâche courante des services de police. Ce domaine a beaucoup en commun avec les activités de ces services. Que ce soit pour identifier une personne décédée ou identifier l'auteur d'un délit:

- ◆ les domaines sont communs (auditions de témoins, examens d'empreintes digitales par exemple),
- ◆ les objectifs sont communs (individualiser des sources),
- ◆ les outils scientifiques et les moyens techniques sont communs,
- ◆ les méthodes et les procédures sont, dans leur grande majorité, communes (prélèvements, conditionnements de traces par exemple).

Cette proximité est délicate car elle est susceptible de masquer les spécificités propres au domaine de l'identification des personnes décédées, spécificités qui ont été maintes fois soulignées dans les précédents chapitres. Pour éviter les conclusions imprécises ou incorrectes, le spécialiste doit s'extirper de son contexte habituel pour prendre en compte des sources d'incertitude spécifiques. Une telle attitude est essentielle car elle conditionne largement la réussite d'une identification.

Nature du risque

La recherche d'un « coupable » constitue le cadre habituel des affaires pénales. Lorsque le spécialiste ne parvient pas à se déterminer (à cause de traces de mauvaise qualité par exemple), le bénéfice du doute profite à l'accusé. Ainsi, ce peut être un auteur en liberté, faute de preuve. Par contre, en cas de désignation incorrecte, pour chaque coupable en liberté, ce peut être un innocent injustement condamné.

Dans le cadre de l'individualisation d'une personne décédée, le but est de découvrir sa véritable identité civile afin de pouvoir restituer son corps à ses proches. En cas de non-détermination de la part du spécialiste (identifiant de mauvaise qualité par exemple), le bénéfice du doute n'opère plus. Dès lors, c'est une famille qui restera dans l'attente et un corps non identifié qui sera enterré ou incinéré comme inconnu. En cas de désignation incorrecte, pour chaque corps injustement restitué à une famille, c'est une autre famille privée du corps de son proche.

Ces distinctions montrent que les non-déterminations et les erreurs conduisent à des risques de natures différentes: essentiellement pénales dans le premier contexte, essentiellement civiles dans le second. Dans les deux, des aspects humains sont présents, aussi de natures différentes: injustice de poursuites interrompues ou indues dans le premier contexte, tromperie ou impossibilité d'entamer un deuil dans le second.

Chapitre 10

CONCLUSION

L'objectif fondamental de ce travail était de présenter des processus pour déterminer valablement, avec une incertitude maîtrisée et en tenant compte de l'aspect décisionnel, les identités civiles de personnes décédées.

Cet objectif a nécessité, en premier lieu, une clarification de la notion d'identité. Deux formes distinctes d'identité ont été retenues: l'identité civile et l'identité biologique. Cette distinction s'est avérée nécessaire car il a été démontré que les identifiants directs tendent à déterminer une identité civile alors que les identifiants indirects tendent à déterminer une identité biologique.

Quatre processus principaux ont été examinés, soit celui du témoignage et ceux impliquant les comparaisons d'empreintes digitales, de données dentaires et de profils d'ADN.

Concernant le processus de reconnaissance, le mode de fonctionnement de la mémoire a été examiné, démarche qui a permis de désigner les paramètres pouvant conduire à des erreurs (reconnaitances positives erronées et reconnaissances négatives erronées). Dans le but d'apporter un cadre rigoureux à ce processus, une procédure de présentation d'un corps a été proposée à l'intention des enquêteurs.

Avant d'entreprendre l'examen des autres processus, les concepts généraux propres aux domaines forensiques ont été examinés sous l'angle particulier de l'identification de personnes décédées. Il a été constaté que ces concepts pouvaient être appliqués, certains d'entre eux nécessitant toutefois un léger élargissement de

leurs principes. Une comparaison croisée entre les domaines forensiques habituels et l'identification de personnes décédées a montré des différences dont les plus importantes sont 1- un positionnement inversé de la source, 2- la nécessité de devoir déterminer une identité civile en plus de procéder à une individualisation et 3- une population d'intérêt limitée plutôt qu'ouverte.

Pour chacun des trois processus d'identification retenus, l'intra et l'inter-variabilité ont été examinées, de même que les modifications PM, les référentiels AM et les comparaisons AM-PM. Quel que soit le processus en question, il a été établi que la sélectivité des informations dépendait, d'une part, de leur potentiel discriminant spécifique et, d'autre part, du nombre d'informations mises en relation.

Pour atteindre l'objectif fondamental de ce travail, il était nécessaire de procéder à une synthèse des résultats provenant des différents processus. L'hypothèse selon laquelle cette synthèse pouvait être réalisée grâce à des modélisations bayésiennes a été vérifiée. Pour chaque processus, une modélisation a été présentée, modélisations intégrant les paramètres reconnus comme pertinents et les paramètres nécessaires à une prise de décision. À noter que la modélisation du processus dentaire a nécessité des estimations inhabituelles telles que celle-ci: *quelle est la probabilité que les caractéristiques examinées ne correspondent pas à celles d'une autre personne que celle supposée ?* Permettant d'atteindre une valeur de synthèse, l'approche bayésienne s'avère d'une aide précieuse dans des cas très difficiles pour lesquels chacun des processus est limité en termes de potentiel discriminant.

Finalement, même si les natures des éléments de preuve sont comparables, il a été rappelé que les risques étaient de natures différentes selon qu'il s'agisse d'un domaine forensique habituel ou de l'identification d'une personne décédée.

Concernant des recherches futures, elles pourraient s'orienter dans plusieurs directions. Il s'agit, par exemple:

- ◆ De la recherche sur le traitement des données intra-variables. Ce type de données représente une difficulté particulière pour laquelle les outils sont peu développés. La modélisation proposée dans ce travail, avec l'intégration d'un concept de validité, est une solution parmi d'autres. Mais ce domaine nécessite encore des développements conceptuels et statistiques.
- ◆ De la recherche fondamentale sur la validité scientifique de l'individualisation tant du dessin formé par des crêtes papillaires que des caractéristiques présentes dans un dossier dentaire (données radiographiques et non radiographiques). Ce point exprime en fait le besoin de consensus scientifiques quant

aux définitions, à la quantification et à l'évaluation statistique des caractéristiques (principalement dans les domaines dactyloscopique et odontologique).

- ◆ De la poursuite et du développement des travaux en rapport avec la connaissance des taux d'erreur des techniques de comparaison, quel que soit le domaine concerné.
- ◆ De la recherche sur la façon de traiter judicieusement les données relatives à la population d'intérêt (celle constituée des personnes portées disparues). Le potentiel d'individualisation d'une personne décédée dépend de l'élément le plus faible qui est, en règle générale, l'identifiant. Pour les personnes portées disparues, il importe ainsi de rechercher et de traiter ces identifiants de façon systématique. Des standards n'existent pas en la matière.
- ◆ Du rassemblement et de l'analyse des cas de reconnaissances de personnes décédées (processus ne pouvant pas être traité par des expérimentations contrôlées). Il s'agirait d'analyser un nombre de reconnaissances en conditions réelles beaucoup plus élevé que celui utilisé dans ce travail dans le but de vérifier la procédure proposée, voire de détecter des paramètres ignorés jusqu'ici.
- ◆ De la définition d'un profil précis touchant à la qualification des spécialistes qui procèdent aux identifications de personnes décédées.

Attribuer un nom à une personne décédée semble placer le spécialiste dans un univers où la mort joue un rôle omniprésent. Mais les axes de recherche indiqués constituent des tâches passionnantes car les divers aspects présentés dans ce travail montrent que c'est la vie qui est au centre de tous les processus impliqués.

Épilogue

Le théorème de Bayes aurait pu servir à Max Plank pour prévoir l'arrêt des trains en gare. Par contre, dans l'hypothèse où Max Plank se serait penché sur ce phénomène à l'époque où ce théorème a été découvert¹¹⁴, il aurait constaté qu'indépendamment de leur taille, les foules n'avaient aucun pouvoir d'attraction sur les trains.

114 Thomas Bayes est mort en 1761. Ses principales découvertes dans le domaine des probabilités ont été publiées quelques années après sa mort.

Bibliographie

- [ABFO, 1994] American Board of Forensic Odontology, Inc, "ABFO body identification guidelines", *Journal of the American Dental Association*, **125(9)**, 1994, 1244-1254
- [Adams, 2003a] Adams, B.J., "Establishing personal identification based on specific patterns of missing, filled, and unrestored teeth", *Journal of Forensic Sciences*, **48(3)**, 2003, 487-496
- [Adams, 2003b] Adams, B.J., "The diversity of adult dental patterns in the United States and the implications for personal identification", *Journal of Forensic Sciences*, **48(3)**, 2003, 497-503
- [Adelson, 2000] Adelson, E.H., "Lightness perception and lightness illusions". In: Cambridge, MA: MIT Press, (eds). *The New Cognitive Neurosciences*, 2nd ed. M. Gazzaniga, 2000
- [Aitken et Taroni, 1996] Aitken, C.G.G., Taroni, F., "Correspondence: Interpretation of scientific evidence (Part I)", *Science and Justice*, **36(4)**, 1996, 290-292
- [Aitken et Taroni, 1997] Aitken, C.G.G., Taroni, F., "Correspondence: Interpretation of scientific evidence (Part II)", *Science and Justice*, **37(1)**, 1997, 64-65
- [Aitken et Taroni, 2004] Aitken, C.G.C., Taroni, F., "Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists", Deuxième édition, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England, 2004
- [Angyal et Dérczy, 1998] Angyal, M., Dérczy, K., "Personal identification on the basis of antemortem and postmortem radiographs", *Journal of Forensic Sciences*, **43(5)**, 1998, 1089-1093
- [Arnould, 2006a] Arnould, F., "Je suis certain que c'est lui" : les relations confiance et exactitude dans les témoignages, 2006:
http://psychotemoins.veille.inist.fr/article.php3?id_article=7
- [Arnould, 2006b] Arnould, F., Lorsqu'un témoin qui a décrit verbalement un visage l'identifie moins bien: l'effet d'ombrage verbal, 2006:
http://psychotemoins.veille.inist.fr/article.php3?id_article=8
- [Avon, 2004] Avon, S.L., "Forensic odontology: the roles and responsibilities of the dentist", *Journal of the Canadian Dental Association*, **70(7)**, 2004, 453-458

- [Azrak et al., 2007] Azrak, B., Victor, A., Willershausen, B., Pistorius, A., Hörr, C., Gleissner, C., "Usefulness of combining clinical and radiological dental findings for a more accurate noninvasive age estimation", *Journal of Forensic Sciences*, **52(1)**, 2007, 146-150
- [Bär et al., 1988] Bär, W., Kratzer, A., Machler, M., Schmid, W., "Postmortem stability of DNA", *Forensic Science International*, **39(1)**, 1988, 59-70
- [Bauman, 2000] Bauman, Z., "Liquid modernity", Polity, London, UK, 2000
- [Bazen et Veldhuis, 2004] Bazen, A.M., Veldhuis, R.N.J., "Likelihood-ratio-based biometric verification", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, **14(1)**, 2004, 86-94
- [Beumer et al, 2006] Beumer, G.M., Tao, Q., Bazen, A.M., Veldhuis, R.N.J., "A landmark paper in face recognition", In Proc. 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR'06), Southampton, UK, 2006
- [Biedermann et al., 2008] Biedermann, A., Bozza, S., Taroni, F., "Decision theoretic properties of forensic identification: Underlying logic and argumentative implications", *Forensic Science International*, **177(2)**, 2008, 120-132
- [Blau et al., 2006] Blau, S., Hill, A., Briggs, C.A., Cordner, S.M., "Missing persons-missing data: the need to collect antemortem dental records of missing persons", *Journal of Forensic Sciences*, **51(2)**, 2006, 386-389
- [Borrman et al., 1999] Borrman, H.I., DiZinno, J.A., Wasen, J., Rene, N., "On denture marking", *Journal of Forensic Odontostomatol*, **17**, 1999, 20-26
- [Bowers, 2004] Bowers, C.M., "Forensic dental evidence", Elsevier, Academic Press, London, UK, 2004
- [Brannon et Kessler, 1999] Brannon, R.B., Kessler, H.P., "Problems in mass disaster dental identification: a retrospective review", *Journal of Forensic Sciences*, **44(1)**, 1999, 123-127
- [Bredart et Bruyer, 1994] Bredart, S., Bruyer, R., "The cognitive approach to familiar face processing in human subjects", *Behavioral Processes*, **33(1)**, 1994, 212-232
- [Brewer et al., 2005] Brewer, N., Weber, N., Semmler, C., "Eyewitness identification", in : *Psychology and Law: An Empirical Perspective*, Chapter 6, Edited by Neil Brewer and Kipling D. Williams, Guilford Publications, 2005, 177-221
- [Brewer et Wells, 2006] Brewer, N., Wells, G.L., "The confidence-accuracy relationship in eyewitness identification: Effects of lineup instructions, foil

- similarity, and target-absent base rates", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **12(1)**, 2006, 11-30
- [Brewer, 2006] Brewer, N., "Uses and abuses of eyewitness identification confidence", *Legal and Criminological Psychology*, **11**, 2006, 3-23
- [Broeders, 2006] Broeders, A.P.A., "Of earprints, fingerprints, scent dogs, cot deaths and cognitive contamination - a brief look at the present state of play in the forensic arena", *Forensic Science International*, **159(2-3)**, 2006, 148-157
- [Bruce et Young, 1986] Bruce, V., Young, A., "Understanding face recognition", *British Journal of Psychology*, **77(3)**, 1986, 305-327
- [Burriss et Harris, 1998] Burriss, B.G., Harris, E.F., "Identification of race and sex from palate dimensions", *Journal of Forensic Sciences*, **43(5)**, 1998, 959-963
- [Butler, 1974] Butler, O.H., "Unidentified bodies and missing persons circulation of dental data for identification", *Journal of the Forensic Science Society*, **14(3)**, 1974, 223-224
- [Cabal, 2003] Cabal, C., "Méthodes scientifiques d'identification des personnes à partir de données biométriques et techniques de mise en oeuvre", Rapport n° 938 fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Assemblée Nationale française, 355 (2002-2003), 2003
- [Caldas et al., 2007] Caldas, I.M., Magalhães, T., Afonso, A., "Establishing identity using cheiloscropy and palatoscopy", *Forensic Science International*, **165(1)**, 2007, 1-9
- [Cameriere et al., 2007] Cameriere, R., Ferrante, L., Belcastro, M.G., Bonfiglioli, B., Cingolani, M., "Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-Rays", *Journal of Forensic Sciences*, **52(1)**, 2007, 166-170
- [Castella et al., 2009] Castella, V., Del Mar Lesta, M., Mangin, P., "One person with two DNA profiles: a(nother) case of mosaicism or chimerism", *International Journal of Legal Medicine*, **123(5)**, 2009, 427-430
- [Cattaneo et al., 1999] Cattaneo, C., DiMartino, S., Scali, S., Craig, O., Grandi, M., Sokol, R., "Determining the human origin of fragments of burnt bone : a comparative study of histological, immunological and DNA techniques", *Forensic Science International*, **102(2-3)**, 1999, 181-191
- [CCS, 2010] Code Civil Suisse: état au 01.02.2010, RS 210, 2010
- [Ceyhan, 2006] Ceyhan, A., "*Identité et identification au prisme de la biométrie*", Séminaire de philosophie du droit 2005-2006, Sécurité, Sûreté, Surveillance, Institut des Hautes Etudes sur la Justice, Paris, 20 mars, 2006

- [Champod et Taroni, 1993] Champod, C., Taroni, F., "Les préjugés de l'accusation ou de la défense dans l'évaluation de la preuve technique", *Revue pénale Suisse*, **111**, 1993, 223-235
- [Champod et Taroni, 1994] Champod, C., Taroni, F., "Probabilités au procès pénal - risques et solutions", *Revue pénale Suisse*, **112**, 1994, 194-219
- [Champod, 1995] Champod, C., "Reconnaissance automatique et analyse statistique des minuties sur les empreintes digitales", Thèse, Institut de Police Scientifique et de Criminologie, Université de Lausanne, Suisse, 1995
- [Champod, 2000] Champod, C., "*Identification / Individualization*", In Siegel JH, Saukko PJ, Knupfer GC (Eds), *Encyclopedia of forensic science*, vol 3, Academic Press, 2000
- [Christensen, 2004] Christensen, A.M., "The impact of Daubert: implications for testimony and research in forensic anthropology (and the use of frontal sinuses in personal identification)", *Journal of Forensic Sciences*, **49(3)**, 2004, 427-430
- [Clement et al., 2006] Clement, J.G., Winship, V., Ceddia, J., Al-Amad, S., Morales, A., Hill, A.J., "New software for computer-assisted dental-data matching in Disaster Victim Identification and long-term missing persons", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S24-S29
- [Cohen et al., 1983] Cohen, M., Schroeder, D.C., Cecil, J.C., "Computer-assisted forensic identification of military personnel", *Military Medicine*, **148(21)**, 1983, 153-156
- [Cole, 2004] Cole, S.A., "Grandfathering evidence: fingerprint admissibility rulings from Jennings to Llera Plaza and back again", *American Criminal Law Review*, **41**, 2004, 1189-1276
- [Cole, 2005] Cole, S.A., "More than zero: accounting for error in latent fingerprint identification", *Journal of Criminal Law & Criminology*, **95(3)**, 2005, 985-1078
- [Cole, 2006] Cole, S.A., "Is fingerprint identification valid ? Rhetorics of reliability in fingerprint proponents' discourse", *Law & Policy*, **28(1)**, 2006, 109-135
- [Cole, 2009] Cole, S.A., "Forensics without uniqueness, conclusions without individualization: the new epistemology of forensic identification", *Law, Probability and Risk*, **8(3)**, 2009, 233-255
- [Conseil Europe, 2000] Conseil de l'Europe, "Recommandation no. R (99) 3 relative à l'harmonisation des règles en matière d'autopsie médico-légale", *Forensic Science International*, **111(1-3)**, 2000, 31-58

- [Cook et al., 1998] Cook, R., Evett, I.W., Jackson, G., Jones, P.J., Lambert, J.A., "A hierarchy of propositions: deciding which level to address in casework", *Science and Justice*, **38(4)**, 1998, 231-239
- [Coquoz et Taroni, 2006] Coquoz, R., Taroni, F., "Preuve par l'ADN", Deuxième édition mise à jour et augmentée, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 2006
- [Cowell, 2003] Cowell, R.G., "FINEX: a probabilistic expert system for forensic identification", *Forensic Science International*, **134**, 2003, 196-206
- [CPC, 2008] Code de procédure civile suisse: état au 19 décembre 2008, RS 272 au 01.01.2011, 2008
- [CPPS, 2007] Code de procédure pénale suisse du 5.10.2007, FF 2007 6583, 2007
- [Crettaz, 2003] Crettaz, B., "Vous parler de la mort", Editions Portes-Plumes, Ayer, Suisse, 2003
- [Crispino, 2006] Crispino, F., "Le principe de Locard est-il scientifique ? Ou analyse de la scientificité des principes fondamentaux de la criminalistique", Thèse, Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, Suisse, 2006
- [Dahlberg, 1986] Dahlbert, A.A., "Ontogeny and dental genetics in forensic problems", *Forensic Science International*, **30**, 1986, 163-176
- [Daubert v. Merrell, 1993] Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals, 113 S. Ct. 2786, 1993
- [Dawid et al., 2002] Dawid A.P., Mortera, J., Pascali, V.L., van Boxel, D., "Probabilistic expert systems for forensic inference from genetic markers", *Scandinavian Journal of Statistics*, **29**, 2002, 577-595
- [De Valck, 2006] De Valck, E., "Major incident response: collecting ante-mortem data", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S15-S19
- [Delattre et Stimson, 1999] Delattre, V.F., Stimson, P.G., "Self-assessment of the forensic value of dental records", *Journal of Forensic Sciences*, **44(5)**, 1999, 906-909
- [Delattre, 2007] Delattre, V., "Antemortem dental records: attitudes and practices of forensic dentists", *Journal of Forensic Sciences*, **52(2)**, 2007, 420-422
- [Desgens-Pasanau et Freyssinet, 2009] Desgens-Pasanau, G., Freyssinet, E., "L'identité à l'ère numérique", Editions Dalloz, Collection Présage, Paris, France, 2009
- [Dobler, 2006] Dobler, A., L'utilisation des modèles graphiques (Bayesian networks) dans la gestion de cas d'identification génétique de victimes de catastrophes, Projet de Master en identification forensique, Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, Suisse, 2006

- [Dror et al., 2005] Dror, I.E., Péron, A.E., Hind, S.L., Charlton, D., "When emotions get to the better of us: the effect of contextual top-down processing on matching fingerprints", *Applied Cognitive Psychology*, **19(6)**, 2005, 799-809
- [Dror et al., 2006] Dror, I.E., Charlton, D., Péron, A.E., "Contextual information renders experts vulnerable to making erroneous identifications", *Forensic Science International*, **156**, 2006, 74-78
- [Dror et Charlton, 2006] Dror, I.E., Charlton, D., "Why experts make errors", *Journal of Forensic Identification*, **56(4)**, 2006, 600-616
- [Dror, 2005] Dror, I.E., "Do's & don'ts", *Biometric Technology Today*, **13(9)**, 2005, 7-9
- [Dror, 2009] Dror, I.E., "On proper research and understanding of the interplay between bias and decision outcomes", *Forensic Science International*, **191(1)**, 2009, e17-e18
- [Dulong, 1998] Dulong, R., "Le témoin oculaire: les conditions sociales de l'attestation personnelle", Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, France, 1998
- [Dulong, 2004] Dulong, R., "La rationalité spécifique de la police technique", *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique*, **57(3)**, 2004, 259-278
- [Dumser et Türkay, 2008] Dumser, T.K., Türkay, M., "Postmortem changes of human bodies on the bathyal sea floor - Two cases of aircraft accidents above the open sea", *Journal of Forensic Sciences*, **53(5)**, 2008, 1049-1052
- [Egli et al., 2007] Egli, N.M., Champod, C., Margot, P., "Evidence evaluation in fingerprint comparison and automated fingerprint identification systems-modelling within finger variability", *Forensic Science International*, **167(2-3)**, 2007, 189-195
- [Evet, 1998] Evett, I.W., "Towards a uniform framework for reporting opinions in forensic science casework", *Science and Justice*, **38(3)**, 1998, 198-202
- [Fielding, 2002] Fielding, C.G., "Nutrient canals of the alveolar process as an anatomic feature for dental identifications", *Journal of Forensic Sciences*, **47(2)**, 2002, 381-383
- [Finkelstein et Fairley, 1970] Finkelstein, M.O., Fairley, W.B., "A bayesian approach to identification evidence", *Harvard Law Review*, **83(3)**, 1970, 489-517
- [Foti et al., 2001] Foti, B., Adalian, P., Signoli, M., Ardagna, Y., Dutour, O., Leonetti, G., "Limits of the Lamendin method in age determination", *Forensic Science International*, **122(1)**, 2001, 101-106

- [Friedman et al., 1989] Friedman, R.B., Cornwell, K.A., Lorton, L., "Dental characteristics of a large military population useful for identification", *Journal of Forensic Sciences*, **34(6)**, 1989, 1357-1364
- [Galton, 1892] Galton, F., "Finger prints", McMillan, London, England, 1892
- [Garbolino et Taroni, 2002] Garbolino, P., Taroni, F., "Evaluation of scientific evidence using Bayesian networks", *Forensic Science International*, **125**, 2002, 149-155
- [Garbolino, 2001] Garbolino, P., "Explaining relevance", *Cardozo Law Review*, **22(5/6)**, 2001, 1503-1521
- [George, 1997] George, C., "Polymorphisme du raisonnement humain, une approche de la flexibilité de l'activité inférentielle", Presses Universitaires de France, Paris, France, 1997
- [Goldmann, 1994] Goldmann, T., La valeur du témoignage dans l'identification, Travail de séminaire, Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, Suisse, 1994
- [Goldstein et al., 1998] Goldstein, M., Sweet, D.J., Wood, R.E., "A specimen positioning device for dental radiographic identification - Image geometry considerations", *Journal of Forensic Sciences*, **43(1)**, 1998, 185-189
- [Gonzales et al., 2006] Gonzales, A.R., Schofield, R.B., Schmitt, G.R., "*Lessons learned from 9/11: DNA identification in mass fatality incidents*", NCJ 214781, National Institute of Justice, Washington DC, USA, 2006
- [Gonzalez-Rodriguez et al., 2005] Gonzalez-Rodriguez, J., Fierrez-Aguilar, J., Ramos-Castro, D., Ortega-Garcia, J., "Bayesian analysis of fingerprint, face and signature evidences with automatic biometric systems", *Forensic Science International*, **155**, 2005, 126-140
- [Gremaud et al., 2008] Gremaud, J.L., Gehrig, C., Sabatasso, S., Castella, V., "Identification génétique de personnes défuntes: quel échantillon de référence choisir ?", *Revue médicale suisse*, **164**, 2008, 1615-1618
- [Gremaud, 2007] Gremaud, J.L., "« Ante-Mortem »: Die Datenbank der vermisst gemeldeten Personen in der Schweiz", *Schweizer Kriminalistikjournal*, **4**, 2007, 17-20
- [Gremaud, 2008] Gremaud, J.L., "A likelihood ratio approach to identification in forensic odontology", *Problems of Forensic Sciences*, **76(LXXVI)**, 2008, 339-353
- [Gross et al., 2001] Gross, R., Shi, J., Cohn, J., "*Quo vadis face recognition ?*", In Proc. 3rd Workshop on Empirical Evaluation Methods in Computer Vision, Hawaii, 2001

- [Haines, 1974] Haines, D.H., "Dental identification in air accidents", *Journal of the Forensic Science Society*, **14(3)**, 1974, 225-228
- [Halberstadt et Niedenthal, 1997] Halberstadt, J.B., Niedenthal, P.M., "Emotional state and the use of stimulus dimensions in judgment", *Journal of Personality and Social Psychology*, **72(5)**, 1997, 1017-1033
- [Hall et Player, 2008] Hall, L., Player, E., "Will the introduction of an emotional context affect fingerprint analysis and decision-making ?", *Forensic Science International*, **181(1)**, 2008, 36-39
- [Harley, 1999] Harley, K., "Tooth wear in the child and the youth", *British Dental Journal*, **186(10)**, 1999, 492-496
- [Hébrard, 1992] Hébrard, J., *Tatouages et criminalistique, Recherche personnelle*, Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, Suisse, 1992
- [Hirsch, 2004] Hirsch, E., "*Soigner après la mort - Pratiques en chambres mortuaires*", Centre hospitalier universitaire Saint-Louis, Paris, France, 2004
- [Hofstadter, 2000] Hofstadter, D., "Gödel, Escher, Bach: Les brins d'une guirlande éternelle", InterEditions / Masson, Dunod, Paris, 2000
- [Hogge et al., 1994] Hogge, J.P., Messmer, J.M., Doan, Q.N., "Radiographic identification of unknown human remains and interpreter experience level", *Journal of Forensic Sciences*, **39(2)**, 1994, 373-377
- [Holland et al., 1993] Holland, M.M., Fischer, F.L., Mitchell, L.G., Rodriguez, W.C., Canik, J.J., "Mitochondrial DNA sequence analysis of human skeletal remains: Identification of remains from the Vietnam war", *Journal of Forensic Sciences*, **38(3)**, 1993, 542-553
- [Holland et Parsons, 1999] Holland, M.M., Parsons, T.J., "Mitochondrial DNA sequence analysis - Validation and use for forensic casework", *Forensic Science Review*, **11(1)**, 1999, 21-50
- [Huart, 2005] Huart, J., "Effets de la catégorisation raciale et de genre dans la mémoire de visages ambigus", Thèse, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 2005
- [Imobersteg, 1982] Imobersteg, C., "The falsification of an odontogram", *Forensic Science International*, **20**, 1982, 77-79
- [Inman et Rudin, 2001] Inman, K., Rudin, N., "Principles and practice of criminalistics: The profession of forensic science", CRC Press, Boca Raton, 2001
- [Inman et Rudin, 2002] Inman, K., Rudin, N., "The origin of evidence", *Forensic Science International*, **126(1)**, 2002, 11-16

- [Interpol, 1998] Interpol, Guide sur l'identification des victimes de catastrophes, 1998: <http://www.interpol.int/Public/DisasterVictim/default.asp>
- [Jablonski et Shum, 1989] Jablonski, N.G., Shum, B.S.F., "Identification of unknown human remains by comparison of antemortem and postmortem radiographs", *Forensic Science International*, **42(3)**, 1989, 221-230
- [Jackowski et al., 2006a] Jackowski, C., Aghayev, E., Sonnenschein, M., Dirnhofer, R., Thali, M.J., "Maximum intensity projection of cranial computed tomography data for dental identification", *International Journal of Legal Medicine*, **120(3)**, 2005, 165-167
- [Jackowski et al., 2006b] Jackowski, C., Lussi, A., Classens, M., Kilchoer, T., Bolliger, S., Aghayev, E., Criste, A., Dirnhofer, R., Thali, M.J., "Extended CT scale overcomes restoration caused streak artifacts for dental identification in CT-3D color encoded automatic discrimination of dental restorations", *Journal of Computer Assisted Tomography*, **30(3)**, 2006, 510-513
- [Jackowski et al., 2008] Jackowski, C., Wyss, M., Persson, A., Classens, M., Thali, M.J., Lussi, A., "Ultra-high-resolution dual-source CT for forensic dental visualization - discrimination of ceramic and composite fillings", *International Journal of Legal Medicine*, **122(4)**, 2008, 301-307
- [Jacob et Shalla, 1987] Jacob, R.F., Shalla, C.L., "Postmortem identification of the edentulous deceased: denture tissue surface anatomy", *Journal of Forensic Sciences*, **32(3)**, 1987, 698-702
- [Jain et al., 2003] Jain, A.K., Chen, H., Minut, S., "*Dental biometrics: Human identification using dental radiographs*", In Proc. of 4th AVBPA, Guildford, UK, 2003
- [Jaquet-Chiffelle, 2006] Jaquet-Chiffelle, D.O., "*Identity - Anonymity - Identification*", Présentation faite à l'Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, 28 avril, 2006
- [Jaquet-Chiffelle, 2009] Jaquet-Chiffelle, D.O., "Trust and identification in the light of virtual persons", *FIDIS deliverable*, **D17.4**, 2009, 47-57
- [Jarudi et Sinha, 2003] Jarudi, I.N., Sinha, P., "Relative contributions of internal and external features to face recognition", *AI Memo*, **004**, 2003, 1-11
- [Jayaprakash et al., 2001] Jayaprakash, P.T., Srinivasan, G.J., Amravanewaran, M.G., "Cranio-facial morphanalysis: a new method for enhancing reliability while identifying skulls by photo superimposition", *Forensic Science International*, **117**, 2001, 121-143

- [Jeffreys et al., 1985] Jeffreys, A.J., Brookfield, J.F.Y., Semeonoff, R., "Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints", *Nature*, **317**, 1985, 818-819
- [Kähler et al., 2003] Kähler, K., Haber, J., Seidel, H.P., "Reanimating the dead: reconstruction of expressive faces from skull data", *ACM TOG (SIGGRAPH Conference proceedings)*, **22(3)**, 2003, 554-561
- [Kaufmann, 2004] Kaufmann, J.C., "L'invention de soi. Une théorie de l'identité", Armand Colin/SEJER, Paris, France, 2004
- [Keiser-Nielsen, 1963] Keiser-Nielsen, S., "Dental investigation in mass disasters", *Journal of Dental Research*, **42(1)**, 1963, 303-311
- [Keiser-Nielsen, 1977] Keiser-Nielsen, S., "Dental identification: certainty vs probability", *Forensic Science International*, **9(2)**, 1977, 87-97
- [Kieser et al., 2007] Kieser, J.A., Bernal, V., Waddell, J.N., Raju, S., "The uniqueness of the human anterior dentition: a geometric morphometric analysis", *Journal of Forensic Sciences*, **52(3)**, 2007, 671-677
- [Kind, 1964] Kind, S.S., "The nature of the process of identification", *Journal of the Forensic Science Society*, **4(3)**, 1964, 162-166
- [Kinderspital ZH, 2006] Universitäts-Kinderkliniken, "Dépistage néonatal", Brochure, Steinwiesstrasse 75, 8032 Zürich, 2006
- [Kirk et al., 2002] Kirk, N.J., Wood, R.E., Goldstein, M., "Skeletal identification using the frontal sinus region: a retrospective study of 39 cases", *Journal of Forensic Sciences*, **47(2)**, 2002, 318-323
- [Kirk et Kingston, 1964] Kirk, P., Kingston, C., "Evidence evaluation and problems in general criminalistics", *Journal of Forensic Sciences*, **9(4)**, 1964, 434-444
- [Kirk, 1963] Kirk, P., "The ontogeny of criminalistics", *Journal of Criminal Law, Criminology and Police Science*, **54**, 1963, 235-238
- [Knut et al., 2007] Knut, A., Breitmeier, D., Freimuth, H., Landmesser, B., Lehmann, P., Lessig, R., Heer, R., Tietze, S., "Leichendaktyloskopie", Informationsblatt des Bundes und der Länder, Landes- und Bundeskriminalamt, 2007
- [Kogon et al., 1974] Kogon, S.L., Petersen, K.B., Locke, J.W., Petersen, N.O., Ball, R.G., "A computerized aid to dental identification in mass disasters", *Forensic Science*, **3(2)**, 1974, 151-162
- [Kogon et MacLean, 1996] Kogon, S.L., MacLean, D.F., "Long-term validation study of bitewing dental radiographs for forensic identification", *Journal of Forensic Sciences*, **41(2)**, 1996, 230-232

- [Komar, 2008] Komar, D., "Is victim identity in genocide a question of science or law ? The scientific perspective, with special reference to Darfur", *Science and Justice*, **48(3)**, 2008, 146-152
- [Koops et al., 2009] Koops, E.J., Leenes, R.E., Meints, M., van der Meulen, N.S., Jaquet-Chiffelle, D.O., "A typology of identity-related crime: Conceptual, technical, and legal issues", *Information, communication & society*, **13(1)**, 2009, 1-24
- [Kuo, 1982] Kuo, M.C., "Linking a bloodstain to a missing person by genetic inheritance", *Journal of Forensic Sciences*, **27(2)**, 1982, 438-444
- [Kvaal, 2006] Kvaal, S.I., "Collection of post mortem data: DVI protocols and quality assurance", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S12-S14
- [Kwan, 1977] Kwan, Q.Y., "Inference of identity of source", Thèse, University of California, Berkeley, CA, 1977
- [LAGH, 2004] Loi fédérale sur l'analyse génétique humaine: état au 01.04.2007, RS 810.12, 2004
- [Lapierre, 2006] Lapierre, N., "Changer de nom", Edition revue et augmentée, Editions Stock, Paris, France, 2006
- [Lempert, 1991] Lempert, R., "Some caveats concerning DNA as criminal identification evidence: with thanks to the Reverend Bayes", *Cardozo Law Review*, **13**, 1991, 303-341
- [Lewis, 2002] Lewis, C., "WinID2 versus CAPMI4: two computer-assisted dental identification systems", *Journal of Forensic Sciences*, **47(3)**, 2002, 536-538
- [Lindsay et al., 1998] Lindsay, D.S., Don Read, J., Sharma, K., "Accuracy and confidence in person identification: The relationship is strong when witnessing conditions vary widely", *Psychological Science*, **9**, 1998, 215-218
- [Lindsay et al., 2000] Lindsay, D.S., Nilsen, E., & Read, J.D., "Witnessing-condition heterogeneity and witnesses' versus investigators' confidence in the accuracy of witnesses' identification decisions", *Law and Human Behavior*, **24**, 2000, 685-697
- [Liversidge et Molleson, 1999] Liversidge, H.M., Molleson, T.I., "Developing permanent tooth length as an estimate of age", *Journal of Forensic Sciences*, **44(5)**, 1999, 917-920
- [Locard, 1920] Locard, E., "L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques", Flammarion, Paris, France, 1920
- [Locard, 1932] Locard, E., "Les preuves de l'identité", Livre quatrième, Desvignes, Lyon, France, 1932

- [Loftus, 2001] Loftus, E.F., "Imagining the past", *The Psychologist*, **14(11)**, 2001, 584-587
- [Loftus, 2002] Loftus, E.F., "Memory faults and fixes", *Issues in Science and Technology*, **Summer**, 2002, 41-50
- [Loftus, 2003a] Loftus, E.F., "Our changeable memories: legal and practical implications", *Nature Reviews: Neuroscience*, **4**, 2003, 231-234
- [Loftus, 2003b] Loftus, E.F., "Make-believe memories", *American Psychologist*, **November**, 2003, 867-873
- [Loi sur les profils d'ADN, 2003] Loi fédérale sur l'utilisation de profils d'ADN dans les procédures pénales et sur l'identification de personnes inconnues ou disparues: état au 11.07.2006, RS 363, 2003
- [Lorton et Langley, 1986a] Lorton, L., Langley, W.H., "Decision-making concepts in postmortem identification", *Journal of Forensic Sciences*, **31(1)**, 1986, 190-196
- [Lorton et Langley, 1986b] Lorton, L., Langley, W.H., "Design and use of a computer-assisted postmortem identification system", *Journal of Forensic Sciences*, **31(3)**, 1986, 972-981
- [LPMA, 1998] Loi fédérale sur la procréation médicalement assistée: état au 13.06.2006, RS 810.11, 1998
- [Lu et Jain, 2006] Lu, X., Jain, A.K., "*Deformation modeling for robust 3D face matching*", Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2006), New York, NY, USA, 2006
- [MacFarlane et al., 1974] MacFarlane, T.W., MacDonald, D.G., Sutherland, D.A., "Statistical problems in dental identification", *Journal of the Forensic Science Society*, **14(3)**, 1974, 247-252
- [MacLean et al., 1994] MacLean, D.F., Kogon, S.L., Stitt, L.W., "Validation of dental radiographs for human identification", *Journal of Forensic Sciences*, **39(5)**, 1994, 1195-1200
- [Madea et Brinkmann, 2003] Madea, B., Brinkmann, B., "Handbuch gerichtliche Medizin", Springer-Verlag, Heidelberg, New York, 2003
- [Marlin et al., 1991] Marlin, D.C., Clark, M.A., Standish, S.M., "Identification of human remains by comparison of frontal sinus radiographs: a series of four cases", *Journal of Forensic Sciences*, **36(6)**, 1991, 1765-1772
- [Maurer, 1999] Maurer, B., "Le principe de respect de la dignité humaine et la Convention européenne des droits de l'homme", La Documentation française, Paris, France, 1999

- [Mazzoni et al., 2001] Mazzoni, G.A.L., Loftus, E.F., Kirsch, I., "Changing beliefs about implausible autobiographical events. A little plausibility goes a long way", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **7(1)**, 2001, 51-59
- [McMeekin, 1980] McMeekin, R., "An organizational concept for pathologic identification in mass disasters", *Aviation Space Environmental Medicine*, **51(9)**, 1980, 999-1003
- [Medin et Aguilar, 1999] Medin, D.L., Aguilar, C., "Categorization". In: Cambridge, MA: MIT Press, (eds). *The M.I.T. Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, R.A. Wilson & S.C. Keil, 1999
- [Meier-Augenstein et Fraser, 2008] Meier-Augenstein, W., Fraser, I., "Forensic isotope analysis leads to identification of a mutilated murder victim", *Science and Justice*, **48(3)**, 2008, 153-159
- [Melton et al., 2001] Melton, T., Clifford, S., Kayser, M., Nasidze, I., Batzer, M., Stoneking, M., "Diversity and heterogeneity in mitochondrial DNA of North American populations", *Journal of Forensic Sciences*, **46(1)**, 2001, 46-52
- [Memon et al., 2003] Memon, A., Hope, L., Bull, R.H.C., "Exposure duration : Effects on eyewitness accuracy and confidence", *British Journal of Psychology*, **94**, 2003, 339-354
- [Menghini et al., 2002] Menghini, G., Steiner, M., Helfenstein, U., Imfeld, C., Brodowski, D., Hoyer, C., Hofmann, B., Furrer, R., Imfeld, T., "Zahngesundheit von Erwachsenen im Kanton Zürich", *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, **112(7)**, 2002, 708-717
- [Miller, 1995] Miller, R.D., "Recovery of usable fingerprint patterns from damaged postmortem friction ridge skin", *Journal of Forensic Identification*, **45(6)**, 1995, 602-605
- [Moghaddam et al., 1996] Moghaddam, B., Nastar, C., Pentland, A., "A bayesian similarity measure for direct image matching", In Proc. International Conference on Pattern Recognition, Vienna, Austria, 1996
- [Moghaddam et al., 1999] Moghaddam, B., Jebara, T., Pentland, A., "Bayesian modeling of facial similarity", In Proc. 1998 Conference on Advances in Neural Information Processing Systems II, Denver, Colorado, USA, 1999
- [Muhlemann et al., 1979] Muhlemann, H.R., Steiner, E., Brandestini, M., "Identification of mass disaster victims: The swiss identification system", *Journal of Forensic Sciences*, **24(1)**, 1979, 173-181
- [Nassar et Ammar, 2003] Nassar, D.E.M., Ammar, H.H., "A prototype automatic dental identification system (ADIS)", Thèse, Department of Electrical and Computer Engineering, West Virginia University, Morgantown, WV, 2003

- [Nazmy et al., 2005] Nazmy, T.M., Nabil, F.M., Salam, D.A., Samy, H.M., "Dental radiographs matching using morphological and PCNN approach", GVIP 05 Conference, Cairo, Egypt, 2005
- [Nelson et Melton, 2007] Nelson, K., Melton, T., "Forensic mitochondrial DNA analysis of 116 casework skeletal samples", *Journal of Forensic Sciences*, **52(3)**, 2007, 557-561
- [Neumann et al., 2006] Neumann, C., Champod, C., Puch-Solis, R., Egli, N., Anthonioz, A., Meuwly, D., Bromage-Griffiths, A., "Computation of likelihood ratios in fingerprint identification for configurations of three minutiae", *Journal of Forensic Sciences*, **51(6)**, 2006, 1255-1266
- [Neumann et al., 2007] Neumann, C., Champod, C., Puch-Solis, R., Egli, N., Anthonioz, A., Bromage-Griffiths, A., "Computation of likelihood ratios in fingerprint identification for configurations of any number of minutiae", *Journal of Forensic Sciences*, **52(1)**, 2007, 54-64
- [OACA, 2007] Ordonnance sur l'établissement de profils d'ADN en matière civile et administrative: état au 01.04.2007, RS 810.122.2, 2007
- [OAGH, 2007] Ordonnance sur l'analyse génétique humaine: état au 01.01.2009, RS 810.122.1, 2007
- [Ogino et al., 1985] Ogino, T., Ogino, H., Nagy, B., "Application of aspartic acid racemization to forensic odontology: post mortem designation of age at death", *Forensic Science International*, **29**, 1985, 259-267
- [Opel et al., 2006] Opel, K.L., Chung, D.T., Drabek, J., Tatarek, N.E., Jantz, L.M., McCord, B.R., "The application of miniplex primer sets in the analysis of degraded DNA from human skeletal remains", *Journal of Forensic Sciences*, **51(2)**, 2006, 351-356
- [Pankanti et al., 2002] Pankanti, S., Prabhakar, S., Jain, A.K., "On the individuality of fingerprints", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **24(8)**, 2002, 1010-1025
- [Parks et Williamson, 2002] Parks, E.T., Williamson, G.F., "Digital radiography: an overview", *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **3(4)**, 2002, 23-39
- [Paulozzi et al., 2008] Paulozzi, L.J., Cox, C.S., Williams, D.D., Nolte, K.B., "John and Jane Doe: the epidemiology of unidentified decedents", *Journal of Forensic Sciences*, **53(4)**, 2008, 922-927
- [Penrod et Cutler, 1992] Penrod, S.D., Cutler, B.L., "Eyewitnesses, experts, and jurors : improving the quality of jury decisionmaking in eyewitness cases", In J. Misumi, B. Wilpert, & H. Motoaki (Eds.), *Organizational and Work Psychology*. Hillsdale, N.J.; Erlbaum, 1992

- [Pfaeffli et al., 2007] Pfaeffli, M., Vock, P., Dirnhofer, R., Braun, M., Bolliger, S.A., Thali, M.J., "Post-mortem radiological CT identification based on classical ante-mortem X-ray examinations", *Forensic Science International*, **171(2-3)**, 2007, 111-117
- [Pierce et al., 1982] Pierce, L., Lindsay, J., Lautenschlager, E.P., Smith, E.S., Harcourt, J.K., "Developing a forensic dental code and programme", *Australian Dental Journal*, **27(1)**, 1982, 16-21
- [Pretty et al., 2003] Pretty, I.A., Pretty, R.J., Rothwell, B.R., Sweet, D., "The reliability of digitized radiographs for dental identification: A Web-based study", *Journal of Forensic Sciences*, **48(6)**, 2003, 1325-1330
- [Pretty et Sweet, 2001] Pretty, I.A., Sweet, D., "A look at forensic dentistry - part 1: The role of teeth in the determination of human identity", *British Dental Journal*, **190(7)**, 2001, 359-366
- [Ramos-Castro et al., 2005] Ramos-Castro, D., Gonzalez-Rodriguez, J., Champod, C., Fierrez-Aguilar, J., "Between-source modelling for likelihood ratio computation in forensic biometric recognition". In: Springer, (eds). *Audio- and Video-Based Biometric Person Authentica*, Heidelberg, Berlin, Allemagne, 2005
- [Rauch et al., 2007] Rauch, E., Rummel, S., Lehn, C., Büttner, A., "Origin assignment of unidentified corpses by use of stable isotope ratios of light (bio-) and heavy (geo-) elements - A case report", *Forensic Science International*, **168(2-3)**, 2007, 215-218
- [Rawson et al., 1984] Rawson, R.D., Ommen, R.K., Kinard, G., Johnson, J. Yfantis, A., "Statistical evidence for the individuality of the human dentition", *Journal of Forensic Sciences*, **29(1)**, 1984, 245-253
- [Reiss, 1908] Reiss, R.A., "Fausse ou non reconnaissance par les témoins d'individus vivants ou morts", *Archives d'Anthropologie Criminelle de Médecine Légale et de Psychologie Normale et Pathologique*, **23**, 1908, 473-487
- [Ribaux et al., 2006] Ribaux, O., Walsh, S.J., Margot, P., "The contribution of forensic science to crime analysis and investigation: Forensic intelligence", *Forensic Science International*, **156(2-3)**, 2006, 171-181
- [Richards et al., 2002] Richards, A., French, C.C., Calder, A.J., Webb, B., Fox, R., Young, A.W., "Anxiety-related bias in the classification of emotionally ambiguous facial expressions", *Emotion*, **2(3)**, 2002, 273-287
- [Richmond et Pretty, 2007] Richmond, R., Pretty, I.A., "Antemortem records of forensic significance among edentulous individuals", *Journal of Forensic Sciences*, **52(2)**, 2007, 423-427

- [Risinger et al., 2002] Risinger, D.M., Saks, M.J., Thompson, W.C., Rosenthal, R., "The Daubert/Kumho implications of observer effects in forensic science: Hidden problems of expectation and suggestion", *California Law Review*, **90(1)**, 2002, 3-56
- [Robertson et Vignaux, 1995] Robertson, B., Vignaux, G.A., "DNA evidence: wrong answers or wrong questions ?", In Weir BS (Ed.), Human identification: the use of DNA markers, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1995
- [Saks et al., 2003] Saks, M.J., Risinger, D.M., Rosenthal, R., Thompson, W.C., "Context effects in forensic science: a review and application of the science of science to crime laboratory practice in the United States", *Science and Justice*, **43(2)**, 2003, 77-90
- [Saks et Koehler, 1991] Saks, M.J., Koehler, J.J., "What DNA "fingerprinting" can teach the law about the rest of forensic science", *Cardozo Law Review*, **13**, 1991, 361-372
- [Saks et Koehler, 2008] Saks, M.J., Koehler, J.J., "The individualization fallacy in forensic science evidence", *Vanderbilt Law Revue*, **61**, 2008, 199-219
- [Saks, 2009] Saks, M.J., "Concerning L.J. Hall, E. Player, "Will the introduction of an emotional context affect fingerprint analysis and decision-making ?""", *Forensic Science International*, **191(1)**, 2009, e19-e19
- [Schiffer et Champod, 2007] Schiffer, B., Champod, C., "The potential (negative) influence of observational biases at the analysis stage of fingerprint individualisation", *Forensic Science International*, **167(2-3)**, 2007, 116-120
- [Semmler et al., 2004] Semmler, C., Brewer, N., Wells, G.L., "Effects of postidentification feedback on eyewitness identification and nonidentification confidence", *Journal of Applied Psychology*, **89(2)**, 2004, 334-346
- [Sholl et Moody, 2001] Sholl, S.A., Moody, G.H., "Evaluation of dental radiographic identification: an experimental study", *Forensic Science International*, **115(3)**, 2001, 165-169
- [Sogyal, 2003] Sogyal, R., "Le livre tibétain de la vie et de la mort", Nouvelle édition augmentée, Editions de La Table Ronde, Paris, France, 2003
- [Solheim et Sundnes, 1980] Solheim, T., Sundnes, P.K., "Dental age estimation of Norwegian adults - a comparison of different methods", *Forensic Science International*, **16(1)**, 1980, 7-17
- [Solheim, 1993] Solheim, T., "A new method for dental age estimation in adults", *Forensic Science International*, **59**, 1993, 137-147

- [Soomer et al., 2003] Soomer, H., Ranta, H., Lincoln, M.J., Penttilä, A., Leibur, E., "Reliability and validity of eight dental age estimation methods for adults", *Journal of Forensic Sciences*, **48(1)**, 2003, 149-152
- [St-Yves et Landry, 2004] St-Yves, M., Landry, J., "Psychologie des entrevues d'enquête. De la recherche à la pratique", Les Editions Yvon Blais Inc., Québec, Canada, 2004
- [Stacey, 2004] Stacey, R.B., "A report on the erroneous fingerprint individualization in the Madrid train bombing case", *Journal of Forensic Identification*, **54(6)**, 2004, 706-718
- [Stimson et Mertz, 1997] Stimson, P.G., Mertz, C.A., "Forensic dentistry", CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1997
- [Sweet et al., 1999] Sweet, D., Hildebrand, D., Phillips, D., "Identification of a skeleton using DNA from teeth and a PAP smear", *Journal of Forensic Sciences*, **44(3)**, 1999, 630-633
- [Sweet et Hildebrand, 1998] Sweet, D., Hildebrand, D., "Recovery of DNA from human teeth by cryogenic grinding", *Journal of Forensic Sciences*, **43(6)**, 1998, 1199-1202
- [Sweet et Pretty, 2001] Sweet, D., Pretty, I.A., "A look at forensic dentistry - part 2: Teeth as weapons of violence - identification of bitemark perpetrators", *British Dental Journal*, **190(8)**, 2001, 415-418
- [Sweet, 2006] Sweet, D., "Solving certain dental records problems with technology - The Canadian solution in the Thailand tsunami response", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S20-S23
- [Swift et al., 2003] Swift, B., Ruttly, C.B., Ruttly, G.N., "The human ear: its role in forensic practice", *Journal of Forensic Sciences*, **48(1)**, 2003, 153-160
- [Tardieu, 1850] Tardieu, A.A., "Mémoire sur les modifications physiques et chimiques que détermine dans certaines parties du corps l'exercice des diverses professions, pour servir à la recherche médico-légale de l'identité", *Annales d'Hygiène publique et de médecine légale (AHPML)*, première série, t. 42, Paris, France, 1850
- [Tardieu, 1853] Tardieu, A.A., "Etude médico-légale sur le tatouage considéré comme signe d'identité", Baillière, Paris, France, 1853
- [Taroni et al., 1998] Taroni, F., Champod, C., Margot, P., "Forerunners of bayesianism in early forensic science", *Jurimetrics Journal*, **38**, 1998, 183-200
- [Taroni et al., 2001] Taroni, F., Aitken, C.G.G., Garbolino, P., "De Finetti's subjectivism, the assessment of probabilities and the evaluation of evidence:

- a commentary for forensic scientists", *Science and Justice*, **41(3)**, 2001, 145-150
- [Taroni et al., 2002] Taroni, F., Lambert, J.A., Fereday, L., Werrett, D.J., "Evaluation and presentation of forensic DNA evidence in european laboratories", *Science and Justice*, **42(1)**, 2002, 21-28
- [Taroni et al., 2005] Taroni, F., Bozza, S., Aitken, C., "Decision analysis in forensic science", *Journal of Forensic Sciences*, **50(4)**, 2005, 894-905
- [Taroni et al., 2006a] Taroni, F., Colin, A., Garbolino, P., Biedermann, A., "Bayesian networks and probabilistic inference in forensic science", John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England, 2006
- [Taroni et al., 2006b] Taroni, F., Boza, S., Biedermann, A., "Two items of evidence, no putative source : an inference problem in forensic intelligence", *Journal of Forensic Sciences*, **51(6)**, 2006, 1350-1361
- [Taroni et al., 2010] Taroni, F., Bozza, S., Biedermann, A., Garbolino, P., Aitken, C., "Data analysis in forensic science. A Bayesian decision perspective", John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England, 2010
- [Tavernier, 1996] Tavernier, J.C., "Les potentialités de l'odontologie médico-légale illustrées par quatre exemples", *Sciences, AFAS, CSI*, **1**, 1996, 21-27
- [Taylor, 2006] Taylor, P.T.G., "Postmortem identification through matching dental traits with population data", Thèse, Community Oral Health and Epidemiology, University of Sydney, Sydney, Australie, 2006
- [Technical Working Group for Eyewitness Evidence, 1999] Reno, J., Fisher, R.C., Robinson, L., Brennan, N., Travis, J., "*Eyewitness evidence: A guide for law enforcement*", National Institute of Justice, Washington DC, USA, 1999
- [Thali et al., 2006] Thali, M.J., Markwalder, T., Jackowski, C., Sonnenschein, M., Dirnhofer, R., "Dental CT imaging as a screening tool for dental profiling: advantages and limitations", *Journal of Forensic Sciences*, **51(1)**, 2006, 113-119
- [Thevissen et al., 2006a] Thevissen, P.W., Poelman, G., De Cooman, M., Puers, R., Willems, G., "Implantation of an RFID-tag into human molars to reduce hard forensic identification labor. Part I: Working principle", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S33-S39
- [Thevissen et al., 2006b] Thevissen, P.W., Poelman, G., De Cooman, M., Puers, R., Willems, G., "Implantation of an RFID-tag into human molars to reduce hard forensic identification labor. Part 2: Physical properties", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S40-S46

- [Torres, 2004] Torres, L., "Is there any hope for face recognition ?", In Proc. of 5th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services (WIAMIS), Lisboa, Portugal, 2004
- [Tsang et al., 1999] Tsang, A., Sweet, D., Wood, R.E., "Potential for fraudulent use of digital radiography", *Journal of American Dental Association*, **130**, 1999, 1325-1329
- [Tsuchihashi, 1974] Tsuchihashi, Y., "Studies on personal identification by means of lip prints", *Forensic Science*, **3**, 1974, 233-248
- [Uhle et Leas, 2007] Uhle, A.J., Leas, R.L., "The boiling technique: A method for obtaining quality postmortem impressions from deteriorating friction ridge skin", *Journal of Forensic Identification*, **57(3)**, 2007, 358-369
- [UK Cabinet Office, 2002] UK Cabinet Office, Identity fraud: a study, 2002: <http://www.statewatch.org/news/2004/may/id-fraud-report.pdf>
- [Utsuno et al., 2005] Utsuno, H., Kanoh, T., Tadokoro, O., Inoue, K., "Preliminary study of post mortem identification using lip prints", *Forensic Science International*, **149**, 2005, 129-132
- [Van Der Stelt, 2005] Van Der Stelt, P.F., "Filmless imaging - The uses of digital radiography in dental practice", *American Dental Association*, **October**, 2005, 1379-1387
- [Watson, 1974] Watson, A.A., "Estimation of age from skeletal remains", *Journal of the Forensic Science Society*, **14(3)**, 1974, 209-213
- [Wells et al., 1998] Wells, G.L., Small, M., Penrod, S., Malpass, R.S., Fulero, S.M., Brimacombe, C.A.E., "Eyewitness identification procedures: Recommendations for lineups and photospreads", *Law and Human Behavior*, **22(6)**, 1998, 603-647
- [Wells et al., 2003] Wells, G.L., Olson, E.A., Charman, S.D., "Distorted retrospective eyewitness reports as functions of feedback and delay", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **9(1)**, 2003, 42-52
- [Wells et Olson, 2003] Wells, G.L., Olson, E.A., "Eyewitness testimony", *Annual Review of Psychology*, **54**, 2003, 277-295
- [Whittaker et Rawle, 1987] Whittaker, D.K., Rawle, L.W., "The effect of conditions of putrefaction on species determination in human and animal teeth", *Forensic Science International*, **35**, 1987, 209-212
- [Wood et al., 1999] Wood, R.E., Kirk, N.J., Sweet, D.J., "Digital dental radiographic identification in the pediatric, mixed and permanent dentitions", *Journal of Forensic Sciences*, **44(5)**, 1999, 910-916

Bibliographie

- [Wood, 2006] Wood, R.E., "Forensic aspects of maxillofacial radiology", *Forensic Science International*, **159S**, 2006, S47-S55
- [Yacoob et Davis, 2002] Yacoob, Y., Davis, L., "*Smiling faces are better for face recognition*", In Proc. International Conference Face Recognition and Gesture Analysis, Washington, DC, USA, 2002
- [Zhao et al., 2003] Zhao, W., Chellappa, R., Rosenfeld, A., Phillips, P.J., "Face recognition: a literature survey", *ACM Computing Surveys*, **35(4)**, 2003, 399-458

Présentations de personnes décédées: résultats empiriques 1

(classement selon le temps d'exposition)

	Témoïn	Exposition [ans]	Séparation [jours]	Lieu de découverte	Surprise
1	Médecin traitant	0.1	0.1	hôpital	non
2	Collègue	1	0.1	lieu travail	non
3	Concierge	1.5	3	domicile	non
4	Amie	2	2	domicile	non
5	Ami	3	0.5	domicile	non
6	Collègue	3	1	domicile	non
7	Collègue	4	0.1	domicile	non
8	Collègue	5	30	extérieur	non
9	Collègue	6	45	extérieur	non
10	Epouse	7	0.1	domicile	non
11	Collègue	7	0.1	extérieur	non
12	Collègue	7	0.1	extérieur	non
13	Collègue	8	0.1	domicile	non
14	Collègue	8	1	domicile	non
15	Epouse	10	3	extérieur	non
16	Voisin	10	1	domicile	non
17	Voisine	12	4	extérieur	non
18	Resp. camp	12	0.5	camp	non
19	Mari	15	0.5	domicile	non
20	Mère	17	15	extérieur	non
21	Cousin	20	60	extérieur	non
22	Cousin	20	21	extérieur	oui
23	Epouse	20	5	domicile	non
24	Collègue	20	3	lieu travail	non
25	Voisine	20	3	domicile	non
26	Collègue	25	0.1	extérieur	non
27	Mère	26	0.5	domicile	non
28	Epouse	27	1	extérieur	oui
29	Mère	28	3	extérieur	non
30	Père	28	3	extérieur	non
31	Fille	30	2	domicile	non
32	Fille	30	10	domicile	non
33	Collègue	30	7	sur un bateau	non
34	Fils	32	3	domicile	non
35	Frère	34	5	domicile	non
36	Mère	34	5	domicile	non
37	Fils	37	3	hôpital	non
38	Mère	37	1	hôpital	non
39	Frère	39	4	domicile	non
40	Mère	40	1	domicile	non
41	Père	40	1	domicile	non
42	Sœur	40	1	domicile	non
43	Sœur	41	1	domicile	non
44	Mari	42	1	extérieur	non
45	Mère	45	1	extérieur	non
46	Epouse	45	0.1	domicile	non
47	Fils	48	1.5	extérieur	oui
48	Frère	50	14	extérieur	oui
49	Mari	50	3	domicile	non
50	Fille	52	7	domicile	non

Moyennes: 23.372 5.568

2

Formulaire de présentation d'un corps

Vous êtes consulté(e) en qualité de témoin dans le cadre d'une procédure de reconnaissance d'un corps. En cette qualité, nous vous rendons attentifs aux articles 177 du Code de procédure pénale suisse (CPPS) et 307 du Code pénal suisse (CP).

CPPS, Art. 177 1 Au début de chaque audition, l'autorité qui entend le témoin lui signale son obligation de témoigner et de répondre conformément à la vérité et l'avertit de la punissabilité d'un faux témoignage au sens de l'art. 307 CP. À défaut de ces informations, l'audition n'est pas valable.

CP, Art. 307 Faux témoignage, faux rapport, fausse traduction en justice. - 1. Celui qui, étant témoin, expert, traducteur ou interprète en justice, aura fait une déposition fausse sur les faits de la cause, fourni un constat ou un rapport faux, ou fait une traduction fausse sera puni de la réclusion pour cinq ans au plus ou de l'emprisonnement. 2. Si le déclarant a prêté serment ou s'il a promis solennellement de dire la vérité, la peine sera la réclusion pour cinq ans au plus ou l'emprisonnement pour six mois au moins. 3. La peine sera l'emprisonnement pour six mois au plus si la fausse déclaration a trait à des faits qui ne peuvent exercer aucune influence sur la décision du juge.

La personne soussignée :

NOM : _____ Prénom : _____

Date de naissance : _____ Domicile : _____

Reconnaît le corps qui lui a été présenté en la personne de :

NOM : _____ Prénom : _____

Date de naissance : _____ Domicile : _____

Type de relation / lien : _____

Remarques: _____

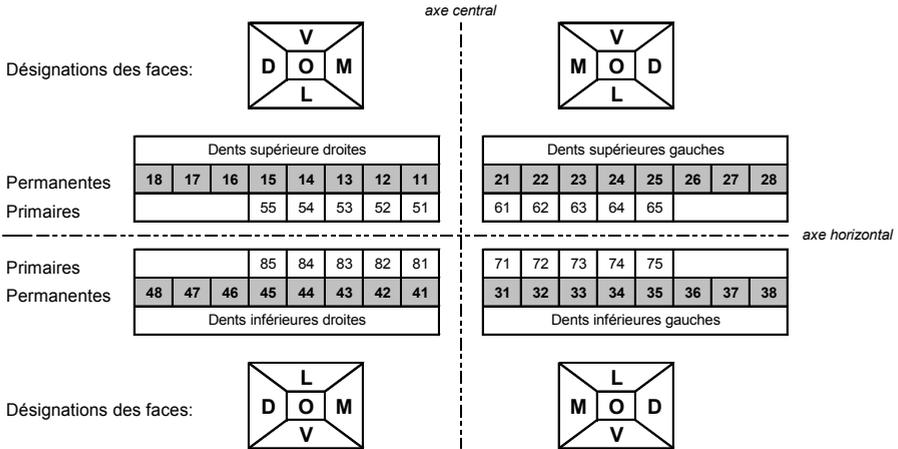
Ne reconnaît pas le corps qui lui a été présenté.

Lieu: _____ Date: _____

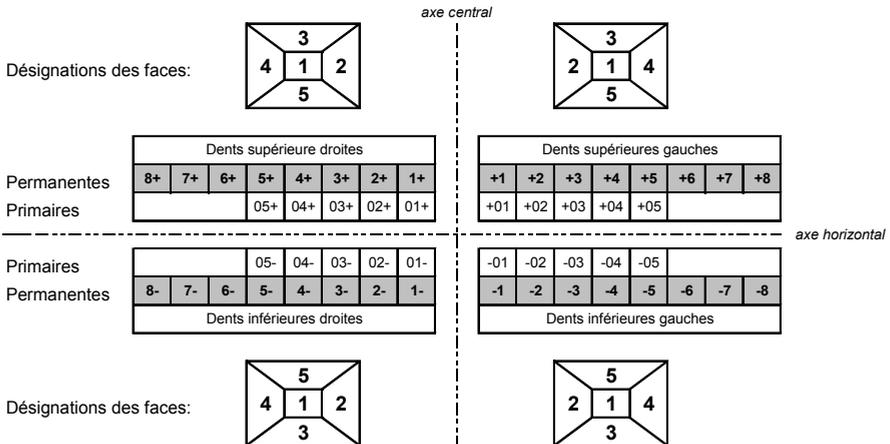
Enquêteurs (trices) : _____

Signature de la personne à qui le corps a été
présenté:

Nomenclatures dentaires



Système FDI

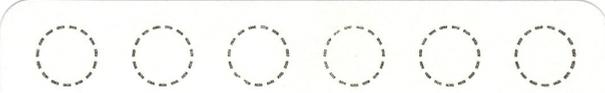


Système HADERUP

4

Carte du dépistage néonatal (test de Guthrie)

S&S 903 Lot# W031





01 292324 0406

01 292324 0406

Alle Kreise müssen **gleichmässig** und **vollständig** mit **einem** Blutstropfen durchtränkt werden. Die Rückseite darf nicht weiss bleiben.
Tous les cercles doivent être imbibés **régulièrement** et **complètement** avec **une** goutte des sang. Le verso ne doit pas rester blanc.

Klebeetikette falls vorhanden / Etiquette collante si disponible

Name / Nom:

Vorname / Prénom:

Geschlecht / Sexe: ♀ ♂ Geburtsdatum / Date de naissance:

Blutentnahmedatum / Date de la prise de sang: 1. Test / 1^{er} test:
Kontrolle / Contrôle:

Schwangerschaftswoche / Semaine de la grossesse: Geburtsgewicht (g) / Poids de naissance (g):

Mutter-, Pulvermilch / Lait maternel, artificiel: ja / oui nein / non

Transfusion: nein / non ja / oui Menge / Quantité: Datum / Date:

Andere Medikamente, Bemerkungen / Autres médicaments, remarques:

Spital, Hebamme / Hôpital, sage-femme:

Tel. / Tél.:

Barcode falls vorhanden / Barcode si disponible

Unterschrift / Signature:

Universitäts-Kinderklinik, Neugeborenen-Screening Schweiz, Postfach 8032 Zürich, 044 266 73 87

Formulaire de prélèvement ADN à des fins d'identification

5

Par sa signature, la personne concernée donne son consentement pour que son profil d'ADN soit établi à des fins d'identification d'un proche (Loi sur les profils ADN, art. 6, al 4).

Art. 6 Identification en dehors d'une procédure pénale.

⁴ Les profils d'ADN de parents présumés d'une personne à identifier ne peuvent être établis à des fins de comparaison qu'avec leur consentement écrit.

IDENTITÉ PRÉSUMÉE:	NOM
	Prénom
	Date de naissance

DONNEUR:	NOM
	Prénom
	Date de naissance
	Prénom du père
	Prénom et nom de la mère
	Lieu de naissance
	Origine
	Etat civil
	Adresse:
	Domicile:
Relation par rapport à la personne à identifier:	

DOCUMENT D'IDENTITÉ:		DÉLIVRÉ			
		Numéro:	Date:	Lieu:	Office:
<input type="checkbox"/>	Carte d'identité				
<input type="checkbox"/>	Permis de conduire				
<input type="checkbox"/>	Passeport				

Dans la mesure du possible, joindre une photocopie de la pièce présentée.

FMJ:	Effectué par (opérateur):
	Lieu:
	Date:
	En présence de (témoin):

Dans la mesure du possible, apposer l'empreinte du pouce droit sur la boîte FMJ.

SIGNATURES:	Donneur:
	Opérateur:
	Témoin:

6

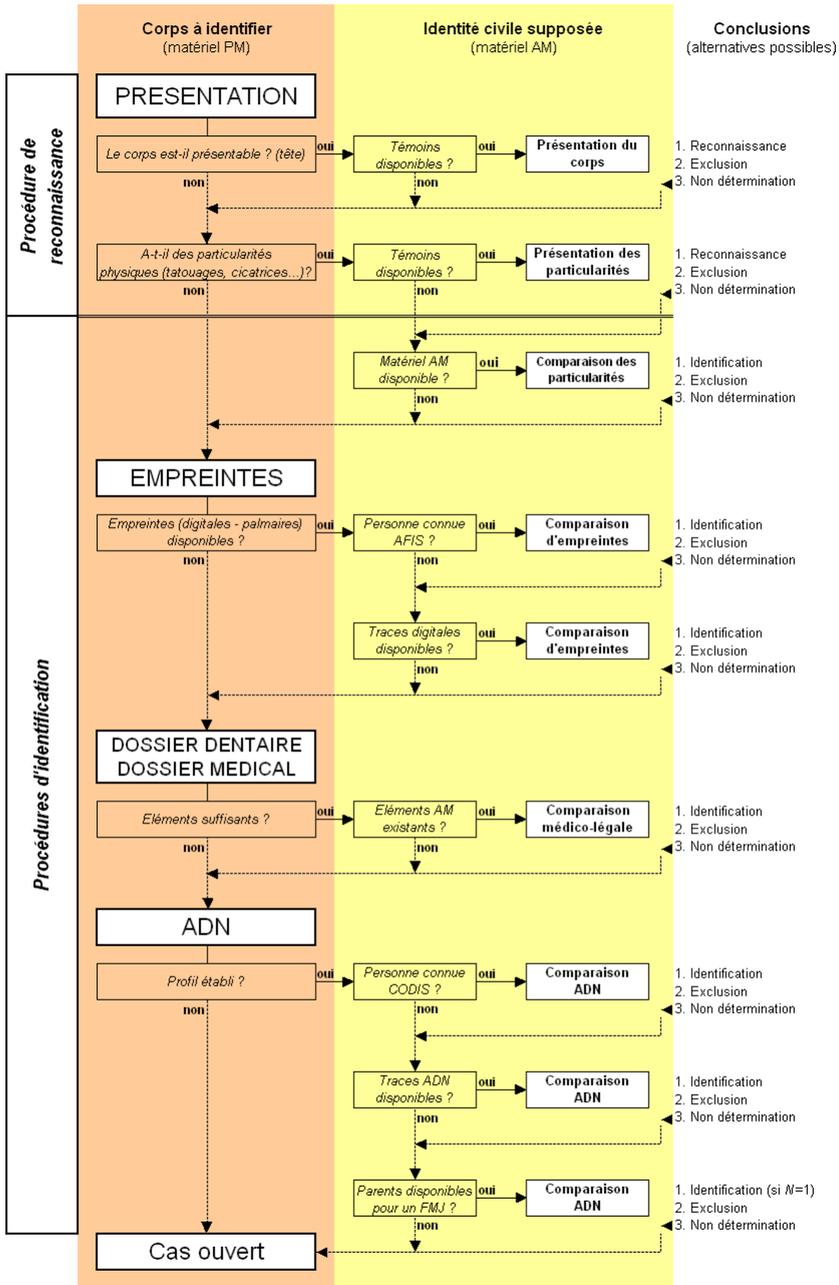
Formulaire de désignation d'un identifiant indirect

Source: [Gonzales et al., 2006](pp.94).

Family and/or Donor Reference Collection Form				
(Each donor needs to fill in a separate form and submit a separate sample for each missing person.)				
Missing Individual Information				
Last Name	Suffix (Jr., Sr.)	First Name	Middle Name	Sex (circle) M F
The missing person has been known by the following additional names (include maiden name)		Date of Birth Year _____ Month ____ Day ____		Social Security Number or citizenship (if not a U.S. citizen) _____-_____-_____
Donor Information				
Last Name	Suffix (Jr., Sr.)	First Name	Middle Name	
Telephone numbers (in order of preference)				
1st: ()		2nd: ()		3rd: ()
Home Street Address				
City	State	ZIP	Country	
Date of Birth Year _____ Month ____ Day ____		Sex (circle) M F	E-mail address (please print)	
I am providing a family reference sample, as I am the missing individual's _____ (e.g., mother, father, sister, son)				
<i>Please circle your relationship to the missing individual:</i>				
Other: (please specify) _____ (e.g., grandchild, friend, roommate)				

Mises en évidence relatives à l'exemple donné sous point 5 du sous-chapitre 7.5.2. (Référentiels d'identifiants indirects).

Individualisation d'une personne décédée: étapes chronologiques



En cas d'exclusion, recommencer les procédures avec une autre identité supposée.

N: nombre de personnes portées disparues pouvant présenter le même type de liens génétiques que celui constaté entre la personne décédée et le donneur.