



UNIL | Université de Lausanne

Unicentre

CH-1015 Lausanne

<http://serval.unil.ch>

Year : 2011

L'exploitation des traces dans les accidents de la circulation

Hafsi, Sami

Hafsi, Sami, 2011, L'exploitation des traces dans les accidents de la circulation

Originally published at : Thesis, University of Lausanne

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

Droits d'auteur

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

Copyright

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



UNIL | Université de Lausanne
Institut de police scientifique
bâtiment Batochime
CH-1015 Lausanne

Directrice de thèse :

Prof. Geneviève Massonnet, ESC

Experts :

Prof. Pierre Margot, ESC

Dr. Jean-Philippe Depriester, IRCGN

M. Jörg Arnold, WD

Président du jury :

Prof. Olivier Ribaux, ESC

L'EXPLOITATION DES TRACES DANS LES ACCIDENTS DE LA CIRCULATION

Thèse de doctorat

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

Sami Hafsi

LAUSANNE

2011

Originally published at : Thesis, University of Lausanne

Posted at the University of Lausanne Open Archive.

<http://serval.unil.ch>

Droits d'auteur

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

Copyright

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



UNIL | Université de Lausanne
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. Sami Hafsi, candidat au doctorat en sciences forensiques, intitulée

« Le relevé des traces dans les accidents de la circulation »

Le Président du Jury



Professeur Olivier Ribaux

Lausanne, le 11 mars 2011

*S'il y a tant d'accidents sur les routes,
c'est parce que nous avons des voitures
de demain, conduites par des hommes
d'aujourd'hui sur des routes d'hier*

J. P. Vaillard

*I'm working on a dream, though
sometimes it feels so far away*

B. Springsteen.

L'ensemble des illustrations présentées dans ce mémoire de thèse est issu majoritairement de sources suisses et françaises. L'absence de référence sur une figure ou une photographie signifie qu'elle émane de la Police Neuchâteloise ou d'une banque de données personnelle compilée en étroite collaboration avec le commandant Jean-Philippe DEPRIESTER, chef du département « Véhicules » à l'Institut de Recherche de la Gendarmerie Nationale en France.

Enfin, par le présent paragraphe, l'auteur de cette recherche tient à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à la confection de ce projet. Tout particulièrement, Mme la Professeure Geneviève Massonnet, M. le Professeur Pierre Margot, M. le Professeur Olivier Ribaux, M. le Docteur Jean-Philippe Depriester, M. Jörg Arnold, l'ensemble de la Police Neuchâteloise et en particulier les membres du Service Forensique et du Groupe Technique Accident, ainsi que les membres, anciens ou encore actifs de l'Institut de Police Scientifique de Lausanne.

ISBN : 2-940098-54-9

Série criminalistique 50

Résumé

Les investigations dans le milieu des accidents de la circulation sont très complexes. Elles nécessitent la mise en œuvre d'un grand nombre de spécialités venant de domaines très différents. Si certains de ces domaines sont déjà bien exploités, d'autres demeurent encore incomplets et il arrive de nos jours d'observer des lacunes dans la pratique, auxquelles il est primordial de remédier.

Ce travail de thèse, intitulé « l'exploitation des traces dans les accidents de la circulation », est issu d'une réflexion interdisciplinaire entre de multiples aspects des sciences forensiques. Il s'agit principalement d'une recherche ayant pour objectif de démontrer les avantages découlant d'une synergie entre les microtraces et l'étude de la dynamique d'un accident. Afin de donner une dimension très opérationnelle à ce travail, l'ensemble des démarches entreprises a été axé de manière à optimiser l'activité des premiers intervenants sur les lieux.

Après une partie introductive et ayant trait au projet de recherche, traitant des aspects théoriques de la reconstruction d'une scène d'accident, le lecteur est invité à prendre connaissance de cinq chapitres pratiques, abordés selon la doctrine « du général au particulier ». La première étape de cette partie pratique concerne l'étude de la morphologie des traces. Des séquences d'exams sont proposées pour améliorer l'interprétation des contacts entre véhicules et obstacles impliqués dans un accident. Les mécanismes de transfert des traces de peinture sont ensuite étudiés et une série de tests en laboratoire est pratiquée sur des pièces de carrosseries automobiles. Différents paramètres sont ainsi testés afin de comprendre leur impact sur la fragilité d'un système de peinture. Par la suite, une liste de cas traités (crash-tests et cas réels), apportant des informations intéressantes sur le traitement d'une affaire et permettant de confirmer les résultats obtenus est effectuée. Il s'ensuit un recueil de traces, issu de l'expérience pratique acquise et ayant pour but d'aiguiller la recherche et le prélèvement sur les lieux. Finalement, la problématique d'une banque de données « accident », permettant une gestion optimale des traces récoltées est abordée.

Summary

The investigations of traffic accidents are very complex. They require the implementation of a large number of specialties coming from very different domains. If some of these domains are already well exploited, others remain still incomplete and it happens nowadays to observe gaps in the practice, which it is essential to remedy. This thesis, entitled “the exploitation of traces in traffic accidents”, arises from a multidisciplinary reflection between the different aspects of forensic science. It is primarily a research aimed to demonstrate the benefits of synergy between microtrace evidence and accidents dynamics. To give a very operational dimension to this work, all the undertaken initiatives were centred so as to optimise the activity of the first participants on the crime scene.

After an introductory part treating theoretical aspects of the reconstruction of an accident scene the reader is invited to get acquainted with five practical chapters, according to the doctrine “from general to particular“. For the first stage of this practical part, the problem of the morphology of traces is approached and sequences of examinations are proposed to improve the interpretation of the contacts between vehicles and obstacles involved in an accident. Afterwards, the mechanisms of transfer of traces of paint are studied and a series of tests in laboratory is practised on pieces of automobile bodies. Various parameters are thus tested to understand their impact on the fragility of a system of paint. It follows that a list of treated cases (crash-tests and real cases) is created, allowing to bring interesting information on the treatment of a case and confirm the obtained results. Then, this work goes on with a collection of traces, stemming from the acquired experience that aims to steer the research and the taking of evidence on scenes. Finally, the practical part of this thesis ends with the problem of a database « accident », allowing an optimal management of the collected traces.

TABLE DES MATIÈRES

1. PROJET DE RECHERCHE	9
1.1. OBJECTIFS PRINCIPAUX	9
1.2. FORMATION PRÉALABLE	12
1.2.1. LES COURS UNIVERSITAIRES	12
1.2.2. LES STAGES, ENTRETIENS ET PETITES FORMATIONS	12
1.2.3. LES GROUPES DE TRAVAIL	13
1.3. PLAN DE TRAVAIL	13
1.3.1. MORPHOLOGIE D'UNE TRACE	13
1.3.2. MÉCANISMES DE TRANSFERT DES TRACES LORS DE COLLISIONS	15
1.3.3. CAS PRATIQUES	16
1.3.4. DESCRIPTION DES TRACES RENCONTRÉES	17
1.3.5. CRÉATION D'UNE BANQUE DE DONNÉES / DIDACTICIEL	17
1.3.6. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	22
1.4. MOYENS ET MÉTHODES UTILISÉS	22
1.4.1. RECHERCHE, PRÉLÈVEMENT ET EXPLOITATION DES TRACES	22
1.4.2. DYNAMIQUE DE L'ACCIDENT	23
1.4.3. ÉQUIPEMENT UTILISÉ	24
1.4.1. POSSIBILITÉS PRATIQUES	24
2. INTRODUCTION	25
2.1. DÉFINITION	27
2.2. LES ACCIDENTS DE LA CIRCULATION EN SUISSE	28
2.3. ASPECT LÉGAL	31
2.4. STATISTIQUES DES FUITES	34
2.4.1. LES VIOLATIONS DE DEVOIRS	34
2.4.2. LES DÉLITS DE FUITE	35
2.5. LE SYSTÈME D'INVESTIGATION SUISSE	36
2.5.1. SERVICES D'IDENTIFICATION JUDICIAIRE ET POLICES DE CIRCULATION	37
2.6. LES DIFFÉRENTES PHASES D'UN ACCIDENT DE LA CIRCULATION	38
2.6.1. LA PHASE DE PRÉ-COLLISION	38
2.6.2. LA PHASE DE COLLISION	39
2.6.3. LA PHASE DE POST-COLLISION	41
2.7. LEXIQUE	41

2.7.1.	DOMAINE D'EXPERTISE	42
2.7.2.	ZONE D'IMPACT	42
2.7.3.	POINT(S) D'IMMOBILISATION OU POSITION(S) D'ARRÊT	42
2.7.4.	VOIES DE CIRCULATION ET BANDE MÉDIANE [ISO 12353-1, 2002]	43
2.7.5.	PROFIL EN COUPE [CLEREN, 1967]	44
2.7.6.	DÉVERS	45
2.7.7.	PENTE	45
2.8.	CROQUIS, PLAN DE LA SITUATION	46
2.9.	LES PRINCIPES DE BASE DE L'ANALYSE DYNAMIQUE D'ACCIDENTS	47
2.9.1.	LES TEMPS MORTS	48
2.9.2.	LES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT	50
2.9.3.	LES CALCULS DE DIMINUTION DE VITESSE PAR FROTTEMENT	52
2.9.4.	LES COURBES	55
2.9.5.	DIAGRAMMES CHEMIN-TEMPS	57
2.9.6.	LA MODÉLISATION D'UNE COLLISION	59
2.9.7.	REMARQUES	61
2.10.	LES PRINCIPES DE BASE DE L'EXPLOITATION DES TRACES / MICROTRACES	62
3.	MORPHOLOGIE D'UNE TRACE	65
3.1.	MATÉRIEL ET MÉTHODES D'ACQUISITION	65
3.1.1.	COLLECTE DES TRACES POUR LES SOUS-CHAPITRES 3.2.2 ET 3.2.3	66
3.2.	OBSERVATIONS ET RÉSULTATS	70
3.2.1.	POSITIONNEMENT DE LA TRACE ET DÉFORMATIONS	70
3.2.2.	ASPECT MACRO/MICROSCOPIQUE	80
3.2.3.	EXAMENS ANALYTIQUES	84
3.3.	REMARQUES FINALES	90
4.	MÉCANISMES DE TRANSFERT DES TRACES LORS DE COLLISIONS	92
4.1.	INTRODUCTION	92
4.1.1.	TRANSFERT DES PEINTURES	92
4.2.	MATÉRIEL ET MÉTHODES DE TRAVAIL	94
4.2.1.	PARAMÈTRES PRIS EN COMPTE	96
4.3.	OBSERVATIONS ET RÉSULTATS	97
4.3.1.	CARROSSERIES MÉTALLIQUES	97
4.3.2.	PLASTIQUES	112
4.3.3.	AUTRES PHÉNOMÈNES INFLUENÇANT LE TRANSFERT	112

4.4. REMARQUES FINALES	115
5. CAS PRATIQUES	117
5.1. CAS NUMÉRO 1 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – VÉHICULE	117
5.1.1. CONTEXTE	117
5.1.2. MISSION	119
5.1.3. INVESTIGATIONS	119
5.1.4. CONCLUSION DU CAS	125
5.1.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	128
5.2. CAS NUMÉRO 2 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	128
5.2.1. CONTEXTE	128
5.2.2. MISSION	128
5.2.3. INVESTIGATIONS	129
5.2.4. CONCLUSION DU CAS	131
5.2.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	131
5.3. CAS NUMÉRO 3 : TYPE D'ACCIDENT CRASH – TEST 1 WILDHAUS / SG	132
5.3.1. CONTEXTE	132
5.3.2. MISSION	132
5.3.3. INVESTIGATIONS / OBSERVATIONS	132
5.3.4. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	136
5.4. CAS NUMÉRO 4 : TYPE D'ACCIDENT CRASH – TEST 2 WILDHAUS / SG	136
5.4.1. CONTEXTE	136
5.4.2. MISSION	137
5.4.3. INVESTIGATIONS / OBSERVATIONS	137
5.4.4. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	141
5.5. CAS NUMÉRO 5 : TYPE D'ACCIDENT DÉLIT DE FUITE	142
5.5.1. CONTEXTE	142
5.5.2. MISSION	142
5.5.3. INVESTIGATIONS	142
5.5.4. CONCLUSION DU CAS	143
5.5.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	143
5.6. CAS NUMÉRO 6 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – VÉHICULE (CYCLE)	144
5.6.1. CONTEXTE	144
5.6.2. MISSION	146
5.6.3. INVESTIGATIONS	147
5.6.4. CONCLUSION DU CAS	148
5.6.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	149

5.7. CAS NUMÉRO 7 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – PIÉTON	149
5.7.1. CONTEXTE	149
5.7.2. MISSION	151
5.7.3. INVESTIGATIONS	151
5.7.4. CONCLUSION DU CAS	155
5.7.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	155
5.8. CAS NUMÉRO 8 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	156
5.8.1. CONTEXTE	156
5.8.2. MISSION	157
5.8.3. INVESTIGATIONS	157
5.8.4. CONCLUSION DU CAS	158
5.8.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	159
5.9. CAS NUMÉRO 9 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	159
5.9.1. CONTEXTE	159
5.9.2. MISSION	160
5.9.3. INVESTIGATIONS	160
5.9.4. CONCLUSION DU CAS	161
5.9.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	161
5.10. CAS NUMÉRO 10 : TYPE D'ACCIDENT DÉLIT DE FUITE	162
5.10.1. CONTEXTE	162
5.10.2. MISSION	162
5.10.3. INVESTIGATIONS	163
5.10.4. CONCLUSION DU CAS	167
5.10.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	168
5.11. CAS NUMÉRO 11 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	168
5.11.1. CONTEXTE	168
5.11.2. MISSION	169
5.11.3. INVESTIGATIONS	169
5.11.4. CONCLUSION DU CAS	171
5.11.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	171
5.12. CAS NUMÉRO 12 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	171
5.12.1. CONTEXTE	171
5.12.2. MISSION	172
5.12.3. INVESTIGATIONS	172
5.12.4. CONCLUSION DU CAS	176
5.12.5. ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	176
5.13. CAS NUMÉRO 13 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – VÉHICULE	177
5.13.1. CONTEXTE	177

5.13.2.	MISSION	177
5.13.3.	INVESTIGATIONS	177
5.13.4.	CONCLUSION DU CAS	179
5.13.5.	ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	180
5.14.	CAS NUMÉRO 14 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	180
5.14.1.	CONTEXTE	180
5.14.2.	MISSION	182
5.14.3.	INVESTIGATIONS	182
5.14.4.	CONCLUSION DU CAS	187
5.14.5.	ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	187
5.15.	CAS NUMÉRO 15 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE SEUL	187
5.15.1.	CONTEXTE	187
5.15.2.	MISSION	187
5.15.3.	INVESTIGATIONS	188
5.15.4.	CONCLUSION DU CAS	189
5.15.5.	ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	189
5.16.	CAS NUMÉRO 16 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – CYCLE	190
5.16.1.	CONTEXTE	190
5.16.2.	MISSION	190
5.16.3.	INVESTIGATIONS	190
5.16.4.	CONCLUSION DU CAS	195
5.16.5.	ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	195
5.17.	CAS NUMÉRO 17 : TYPE D'ACCIDENT VÉHICULE – VÉHICULE	196
5.17.1.	CONTEXTE	196
5.17.2.	MISSION	197
5.17.3.	INVESTIGATIONS	197
5.17.4.	CONCLUSION DU CAS	199
5.17.5.	ENSEIGNEMENTS THÉORIQUES	200
6.	DESCRIPTION DES TRACES RENCONTRÉES	201
6.1.	DÉFORMATIONS	201
6.2.	PNEUMATIQUES	203
6.2.1.	ASPECT DYNAMIQUE DES TRACES	204
6.2.2.	ASPECT COMPARATIF DES TRACES	207
6.2.3.	CAUSES D'ÉCLATEMENT – EXAMEN DE L'ÉTAT D'UN PNEUMATIQUE	209
6.3.	PEINTURES, MATÉRIAUX DE REVÊTEMENT	212
6.4.	POLYMÈRES PLASTIQUES	215

6.5. VERRES	216
6.5.1. SENS DE BRIS D'UN PARE-BRISE	218
6.6. LIQUIDES	220
6.7. FIBRES	221
6.8. TRACES CREUSES	223
6.9. TRACES BIOLOGIQUES	224
6.10. EMPREINTES DIGITALES	226
6.11. BLESSURES	227
6.12. TRACES DE SEMELLES	228
6.13. AMPOULES	231
6.14. CONTRÔLE DES CEINTURES DE SÉCURITÉ	232
6.14.1. LA SANGLE	233
6.14.2. LES BOUCLES	234
6.14.3. LE PRÉTENSIONNEUR	235
6.14.4. LE RÉTRACTEUR	236
6.15. VÊTEMENTS DES PERSONNES	237
6.16. AIRBAGS	237
6.17. ENREGISTREURS DE FIN DE PARCOURS ET DISQUES TACHYGRAPHES	240
6.18. AUTRES TRACES	241
6.18.1. LES COSMÉTIQUES	241
6.18.2. LES TERRES	241
6.18.3. LES GPS ET AUTRES ORDINATEURS DE BORD	242
6.18.4. LES COMPTEURS	242
6.18.5. DIVERS	242
6.19. REMARQUES FINALES	243
<u>7. CRÉATION DE LA BANQUE DE DONNÉES / DIDACTICIEL « ACCIDENT »</u>	<u>246</u>
7.1. LES TROIS MASQUES PRINCIPAUX	247
7.1.1. MASQUE DE SAISIE GÉNÉRALE	247
7.1.2. MASQUE D'AJOUT DES VÉHICULES ET DES PIÉTONS	249
7.1.3. MASQUE DE CLÔTURE DU CAS	249
7.2. TRAITEMENT D'UN CAS PRATIQUE	251
7.2.1. CLASSIFICATION DE L'ACCIDENT	251
7.2.2. AJOUT DES VÉHICULES ET DES PIÉTONS	252
7.2.3. AJOUT DES TRACES	256
7.2.4. AJOUT DE PHOTOGRAPHIES GÉNÉRALES	264
7.2.5. CLÔTURE D'UNE AFFAIRE	266

7.2.6. FONCTIONNALITÉS	267
7.3. LES PHASES DE TEST	270
7.3.1. PHASE D'AUTO-ÉVALUATION	271
7.3.2. PHASE D'ÉVALUATION EXTERNE	271
7.4. REMARQUES FINALES	272
8. DISCUSSION	273
8.1. INTRODUCTION	273
8.2. RÉFLEXIONS SUR LA MORPHOLOGIE D'UNE TRACE	273
8.3. RÉFLEXIONS SUR LES MÉCANISMES DE TRANSFERT DES TRACES	277
8.4. RÉFLEXION SUR LES CAS PRATIQUES	279
8.5. EXPLOITATION DES INFORMATIONS SUR LES TRACES RENCONTRÉES	280
8.6. PRINCIPAUX AVANTAGES DE LA BANQUE DE DONNÉES	281
8.7. DISCUSSION GLOBALE	283
8.7.1. RÈGLES DE PROCÉDURE À APPLIQUER	284
8.7.2. LES FUTTES EN CAS D'ACCIDENTS	290
8.7.3. SITUATION EN SUISSE	292
8.8. RECHERCHES FUTURES	295
9. CONCLUSION	297
10. BIBLIOGRAPHIE	300
11. ANNEXE 1 – BANQUE DE DONNÉES « ACCIDENT »	I
12. ANNEXE 2 – QUESTIONNAIRES SIJ	I
13. ANNEXE 3 – CHECK-LIST	I
14. ANNEXE 4 – PHOTOGRAPHIES DE TRACES AU MICROSCOPE	I
14.1. BILLES RETRO-RÉFLÉCHISSANTES	I

14.2. ROUILLE	I
14.3. MINÉRAUX	II
14.4. VÉGÉTAUX	IV
14.5. REVÊTEMENTS DE MURS OU DE PARKINGS	V
14.6. PNEUMATIQUES ET POLYMÈRES PLASTIQUES AUTOMOBILES	VII
14.7. PEINTURE AUTOMOBILE MÉTALLISÉE	XVI
14.8. PEINTURE AUTOMOBILE UNIE	XXVI
15. ANNEXE 5 - TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS ANALYTIQUES	I
15.1. ANALYSE FTIR DES REVÊTEMENTS DE PARKINGS LAUSANNOIS	I
15.2. ANALYSE FTIR DES REVÊTEMENTS ET SUPPORTS DES ÉLÉMENTS DU SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES NEUCHÂTELOIS	V
16. ANNEXE 6 – TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TESTS SUR LE TRANSFERT DES PEINTURES	I
17. ANNEXE 7 – MATÉRIEL DU GTA DE LA POLICE NEUCHÂTELOISE	I
17.1. MATÉRIEL GLOBAL DU GROUPE GTA (ACHETÉ OU BUDGÉTÉ)	I
17.2. DESCRIPTION DES VALISES DE RECHERCHE ET PRÉLÈVEMENTS (MICROTRACES)	II

1. PROJET DE RECHERCHE

Un mémoire dirigé par Madame la Professeure Massonnet Geneviève et contenant le projet initial a été soumis pour évaluation au début de l'année 2005. Le Docteur Depriester Jean-Philippe de l'Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale française et Monsieur Arnold Jörg du Service de Compétence (Wissenschaftlicher Dienst) de la ville de Zürich ont tous deux été nommés experts à cette occasion. La soutenance orale du mémoire a été présentée et acceptée le 14 mars de la même année dans les locaux de l'École des Sciences Criminelles à l'Université de Lausanne en présence des trois personnes susmentionnées.

Au mois de juillet de l'année 2010, le Professeur Pierre Margot, directeur de l'École des Sciences Criminelles, s'est joint au cercle d'experts. Au même moment, le Professeur Olivier Ribaux a accepté la présidence du Jury.

1.1. Objectifs principaux

En accord avec le projet initial et tenant compte des suggestions qui ont suivi la présentation orale du 14 mars 2005, les principaux objectifs de ce travail de thèse ont été définis de manière formelle. Compte tenu de l'aspect très vaste des domaines concernés (Tableau 6 du chapitre 2), il a été déterminé qu'une seule personne ne pouvait raisonnablement pas prétendre être spécialiste dans l'ensemble des branches techniques de l'accidentologie.

Ce travail a par conséquent été orienté de manière à ce qu'il soit l'œuvre d'un généraliste. S'il devait y avoir un unique but ultime de cette recherche, il serait défini comme suit (Tableau 1) :

Le concept principal de cette recherche est d'inclure la reconstruction cinématique et les microtraces dans un seul et même travail, caractérisé par une vision d'ensemble pratique et opérationnelle, à l'usage des premiers intervenants.

Tableau 1 : Concept principal de la recherche

C'est donc un recueil qui se veut complet, imagé et orienté sur l'état des lieux d'une scène d'accident qui est visé.

Les trois hypothèses ci-dessous ont été définies en rapport avec le concept principal susmentionné. Il s'agit du point de départ de la réflexion ayant conduit à ce travail de thèse. L'idée générale de la recherche a été subdivisée pour permettre une meilleure vision du travail qui en résulte :

H1 : Un relevé des traces optimisé permet d'apporter une information utile aux investigations dans le domaine des accidents de la circulation.

H2 : L'information "trace" complète les données cinématiques.

H3 : L'amélioration de la précision lors de la détermination des configurations de chocs aide à la reconstruction de l'accident.

Tableau 2 : Hypothèses de travail

Trois objectifs principaux et concrets ont découlé de cette division. Les deux premiers ont été fixés afin de permettre de tester les hypothèses établies (Tableau 3 et Tableau 4). Le troisième objectif, quant à lui, a été défini pour produire une amélioration de la qualité du travail dans la pratique, en fournissant une trame de travail aux intervenants. De ce fait, ce dernier objectif a pour but de pallier à une lacune récurrente dans le domaine des accidents : la gestion des traces (Tableau 5).

Objectif 1 : évaluation et optimisation des techniques de recherche et de prélèvement.

Hypothèse testée : H1

Tout au long de ce travail, les techniques de recherche et de prélèvement des traces ainsi que le matériel s'y référant sont passés en revue et optimisés. Ce perfectionnement s'appuie sur les différentes observations et expériences menées tout au long de la partie pratique. Le but de ce premier objectif est de permettre une augmentation significative de l'efficacité du travail sur les lieux par le biais de deux facteurs essentiels : l'optimisation de l'orientation des recherches et l'augmentation de la qualité ainsi que de la pertinence des prélèvements.

N° des chapitres principalement concernés : 4 et 6

Tableau 3 : Premier objectif de la recherche

Objectif 2 : mise en évidence de la complémentarité des aspects « traces » et « dynamique ».

Hypothèses testées : H2 et H3

La complémentarité "trace" – "dynamique" est étudiée dans cette recherche. La plus-value apportée par cette interaction est mise en évidence et estimée au cas par cas. Dans certaines situations, des examens en laboratoire sont menés afin de confirmer ou infirmer certaines hypothèses formulées sur la base de la morphologie d'une trace lors de l'état des lieux.

L'hypothèse 2 concerne la complémentarité entre l'étude des traces et la phase de reconstruction dynamique qui s'en suit. Si cette dernière est démontrée, il s'agit alors de tester si la précision des contacts (entre deux véhicules par exemple) acquise grâce aux traces permet ou non d'apporter une plus-value à l'ensemble du processus de reconstruction (hypothèse 3).

N° des chapitres principalement concernés : 3 et 5

Tableau 4 : Deuxième objectif de la recherche

Objectif 3 : création d'un canevas pour les premiers intervenants.

Les démarches menées dans le cadre de ce mémoire de thèse sont principalement orientées de manière à aiguiller le travail sur les lieux de l'intervention et à en faciliter la gestion. Cet objectif inclut la mise sur pied d'un processus sous forme de *Guide Line* ou de canevas pour les premiers intervenants. Cet outil devrait permettre de fournir des bases de travail solides aux investigateurs, mais également de les mettre en garde contre certains dangers.

N° du chapitre principalement concerné : 7

Tableau 5 : Troisième objectif de la recherche

Lors du projet initial du 14 mars 2005, l'utilisation d'un scanner 3D avait été envisagé au niveau du plan de travail, dans l'optique de sauvegarder certaines déformations sur les carcasses des véhicules et d'apporter un soutien à la fixation de l'état des lieux. Bien que la plus-value d'un tel appareil n'ait jamais été remise en doute, son intégration dans la panoplie des outils à disposition de cette recherche n'a pas pu être concrétisée dans les délais impartis pour des raisons budgétaires. Cette portion du projet initial a donc été retirée en accord avec les membres de la direction de cette thèse.

1.2. Formation préalable

Les premières lignes inscrites dans le chapitre d'introduction de ce mémoire démontrent la pluralité des tâches nécessaires à l'accomplissement d'une investigation en accidentologie (Tableau 6). Dans la mesure où l'auteur de cette recherche dispose d'une formation de base dans les sciences forensiques¹ et plus particulièrement dans les microtraces², il a été jugé très important d'ouvrir ce cercle de compétences afin d'acquérir une vision plus générale, permettant le traitement d'une scène d'accident dans son ensemble.

La première grosse étape de ce plan de travail a donc été d'acquérir certaines bases via un plan de formation adapté au traitement d'un accident de la route. L'envergure de la tâche étant très importante, ce processus de formation a été mené en parallèle à l'avancée de ce travail et ne s'est achevé qu'au terme de la recherche. La structure de cette formation peut être séparée en trois parties : les cours universitaires, les stages et la participation à divers groupes de travail.

1.2.1. Les cours universitaires

Au total, deux cours universitaires ont été retenus. Le premier est un cours de reconstruction cinématique des accidents routiers (RCAR) dispensé par le commandant DEPRIESTER au sein des locaux de l'institut de Police Scientifique de l'Université de Lausanne. Le second est un cours intitulé analyse d'accidents (AA), intégré dans le cursus de formation de la section technique automobile, à l'Ecole Technique et Informatique de Bienne³. Ce dernier est dispensé par le prof. GERSTER.

1.2.2. Les stages, entretiens et petites formations

De nombreux stages de formation et entretiens ont été nécessaires afin d'acquérir la vision la plus généraliste possible. Ces démarches ont été réalisées en collaboration avec les partenaires suivants :

- Wissenschaftlicher Dienst de la Police municipale de Zürich (WD), Jörg ARNOLD
- Winterthur Assurance, Thomas EICHHOLZER
- Cabinet d'expertise privé, Philippe MASSEREY

¹ Licence universitaire à l'Institut de Police Scientifique, ESC/UNIL.

² Assistanat en grande partie au sein du groupe microtraces de l'IPS.

³ HES bernoise.

- Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale (IRCGN), Jean-Philippe DEPRIESTER¹

1.2.3. Les groupes de travail

Dans le but d'établir un contact avec d'autres chercheurs et afin de connaître les méthodes de travail des autres pays européens, il a été décidé de prendre part au groupe de travail « Road Accident Analysis » de l'ENFSI².

L'échange régulier d'informations et les réunions annuelles du groupe ont permis de mettre en place une structure permettant une formation continue régulière (présentations, projets communs, proficiency tests, etc.).

Le groupe de travail réunissant les dirigeants des unités d'accident en Suisse a également été rejoint³. Ces réunions permettent, année après années d'élaborer des standards de travail afin d'améliorer la qualité de l'investigation dans le domaine des accidents en Suisse.

1.3. Plan de travail

1.3.1. Morphologie d'une trace

Cette première partie pratique a été planifiée pour permettre une étude principalement morphologique, portée sur les traces de types plastique et peinture. Cette étude a pour but principal de lutter contre les fraudes et les témoignages incorrects. Elle vise une meilleure détection de l'origine d'une trace dont la nature est inconnue. Il s'agit de pouvoir interpréter une trace de contact et d'en évaluer l'origine sur la base des déformations qui l'entourent, de sa morphologie et de sa composition chimique. Pour une meilleure compréhension du fil rouge de cette première partie pratique, ces trois volets sont repris ci-dessous.

Interprétation des déformations :

Dans le cadre d'accidents à basse vitesse, il arrive fréquemment que la gendarmerie ait pour mission d'interpréter les déformations observées sur un véhicule. Le but de cette démarche ne consiste pas en l'évaluation de l'énergie cinétique perdue durant le choc. Il s'agit uniquement de déterminer quel corps a pu produire de tels dégâts et en quelles circonstances. Dès lors, en cas de touchettes dans des parkings ou sur la voie publique, les déformations ont été collectées par

¹ Durant ce stage, une formation PC-Crash de trois jours a été dispensée par M. Thierry HERMITTE du Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'études du comportement humain (LAB).

² European Network for Forensic Science Institutes.

³ Ce groupe de travail est présidé par M. Jörg Arnold, du Wissenschaftlicher Dienst.

procédé photographique, mesurées et interprétées. Le but étant de mettre en évidence quel type de déformations est compatible avec quel type de chocs.

Observations morphologiques des traces :

Origine automobile

Afin de collecter un maximum d'échantillons de traces glissées provenant de manière quasi certaine d'un contact avec un véhicule, des prélèvements ont été réalisés dans des parkings¹, au niveau des parois verticales de types murs ou poteaux. Les traces glissées ont été prélevées au moyen de scotch « police », observées au macro/microscope et photographiées. Une banque de données d'images a ensuite été créée afin de permettre d'interpréter la morphologie de cet échantillonnage et d'en tirer des conclusions.

Origine non automobile

De manière tout à fait similaire à ce qui est envisagé pour le matériel de référence d'origine automobile, il s'agit ici d'acquérir un certain nombre de traces glissées ne provenant pas d'une source automobile. Ce matériel récolté lors de cas pratiques a également été prélevé au moyen d'adhésifs, observé au microscope, photographié, puis stocké dans une banque de données.

Analyses comparatives de composition chimique :

La finalité de ce dernier volet est de déterminer dans quels cas une analyse FTIR peut départager deux traces d'origines différentes, qui sont morphologiquement très proches. Le but étant de savoir si une trace glissée provient d'un véhicule ou au contraire, si elle provient d'un mur ou d'un revêtement de parking. Pour ce faire, un certain nombre de prélèvements de source non-automobile ont été effectués dans les parkings neuchâtelois ainsi que sur l'ensemble des éléments composant le service des ponts et chaussées du canton de Neuchâtel (plastiques et revêtements). Ces spécimens ont été analysés par FTIR et les spectres obtenus ont été comparés à la banque de données EUCAP² de l'ENFSI contenant un nombre important de spectres de peinture automobile. Il s'agit d'interpréter les résultats de cette comparaison afin de savoir dans quels cas et en présence de quelles substances, il est possible de déterminer si l'origine d'une trace inconnue est de type automobile ou non.

Au terme de première partie pratique, le but visé est de permettre une meilleure discrimination entre traces d'origine automobile ou non en créant une séquence d'intervention, prenant en compte : l'étude des déformations, de la morphologie des traces et de leur composition chimique.

¹ Pour des raisons pratiques, les parkings neuchâtelois principalement ont été visés.

² European Collection of Automotive Paints.

1.3.2. Mécanismes de transfert des traces lors de collisions

Le but de cette deuxième partie pratique est de tenter d'expliquer dans quelle mesure certains véhicules sont de bons donneurs en terme de fragments de peinture et de tenter de comprendre quels sont les facteurs qui influencent ces transferts en cas de choc. Afin de cerner ce phénomène, plusieurs paramètres ont été choisis afin d'être mesurés / testés :

- le nombre de couches du système de peinture ;
- l'épaisseur totale de la peinture en contact avec l'obstacle ;
- la zone concernée sur la carrosserie ;
- la marque et le modèle du véhicule ;
- la présence ou l'absence de retouche.

Lors des investigations menées dans le domaine des accidents, les mécanismes de transfert de peinture ont été systématiquement observés. Les fragments de peinture se détachent de la tôle sous forme de fragments, principalement sur les surfaces métalliques très déformées. Ce phénomène de décollement de la peinture est particulièrement accentué dans les zones où la carrosserie est pliée et forme des angles saillants alors qu'elle devrait être plate ou légèrement bombée (Cf. Figure 1).

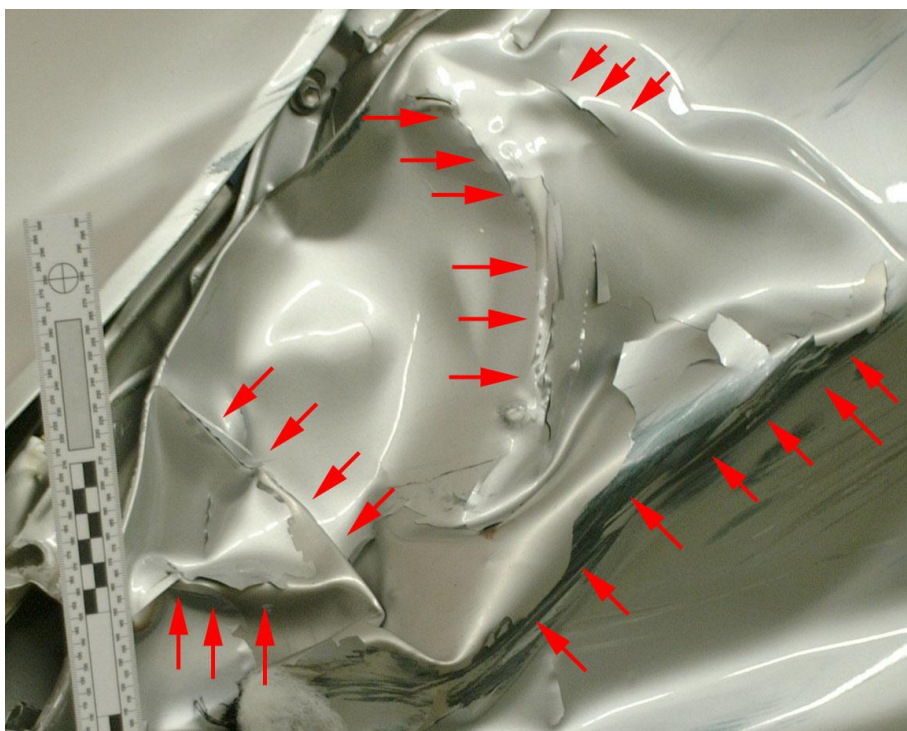


Figure 1 : Observation des zones de détachement de la peinture suite à la déformation de la tôle.

Compte tenu de ce phénomène, il a été décidé de mettre en place une série de tests sur différentes pièces de carrosserie appartenant à une collection de l'IPS¹. Afin de simuler la contrainte que subit la tôle lors d'un accident, ces fragments de carrosserie ont été pliés à l'aide d'un étai. L'angle à partir duquel la peinture se décolle a été mesuré à l'aide d'une équerre et l'intravariabilité a été contrôlée. Pour chaque échantillon, les cinq paramètres mentionnés ci-dessus ont été relevés / mesurés (nombre de couches, épaisseur du système de mise en peinture, marque / modèle du véhicule, zone de carrosserie concernée et présence ou non de retouche).

Cette deuxième partie pratique a bien entendu été suivie d'une étape d'interprétation des résultats afin de tenter de déterminer dans quelle mesure ces variables sont corrélées.

1.3.3. Cas pratiques

Cette étape du projet de recherche est la plus conséquente. Elle consiste à se rendre sur les lieux d'accidents de la circulation afin d'acquérir des cas pratiques essentiels à cette thèse. Il s'agit d'effectuer un état des lieux de diverses scènes d'accidents de la circulation, en prenant soin de ne pas omettre aucun des points suivants :

- investiguer dans l'entièreté du système HVE² (humains, véhicules et environnement) ;
- documenter photographiquement toute la scène en pratiquant aussi bien des photographies générales que de détails ;
- rechercher et prélever toute trace pouvant s'avérer utile à l'enquête ou intéressante pour cette recherche ;
- si nécessaire, se rendre en milieu hospitalier afin de sauvegarder les traces sur les personnes impliquées (piétons et conducteurs si nécessaire) ;
- collecter l'ensemble des informations circonstancielle disponibles.

Outre l'acquisition d'informations diverses sur les traces présentes, cette étape a également permis au soussigné de compléter son expérience pratique dans le domaine. La récolte d'informations a été effectuée en collaboration avec certaines polices cantonales et municipales. C'est plus précisément les brigades de circulations, les Services d'Identités Judiciaires et les groupes « accidents » des polices qui ont été les plus à même d'accomplir ce rôle. Compte tenu de la proximité du soussigné avec le canton de Neuchâtel (brigade d'accident / SIJ) et l'Ecole des

¹ Cette collection a été rassemblée principalement par deux anciens assistants du groupe microtraces : RANZI R. et FORTINI A.

² Contrairement à la définition réelle, le E du système HVE ne concerne ici que le sol et les obstacles.

Sciences Criminelles (expertises), c'est principalement des cas émanant de ces deux entités qui ont été enregistrés.

Il sied finalement de relever que ce chapitre inclut également le travail de recherche de traces lors de crash-test. Les conditions réunies lors de ces tests sont en effet idéales puisque l'ensemble des paramètres propres à la dynamique des véhicules sont connus.

Le sous-chapitre 1.4.1 fournit un cadre concernant les possibilités d'exploitation des traces durant cette recherche. Bien qu'il soit d'ores et déjà prévu de procéder à l'exploitation de certains prélèvements en laboratoire si nécessaire, l'analyse poussée des éléments recueillis n'est pas prioritaire au sein de ce travail.

1.3.4. Description des traces rencontrées

Tout au long des états des lieux effectués, une attention particulière a été consacrée à la diversité et au potentiel des traces rencontrées. Dans la mesure où un des objectifs de cette thèse est de fournir un recueil complet et imagé, toute trace d'intérêt a été observée, décrite et photographiée.

Le recueil final vise l'objectif de permettre une meilleure connaissance de la position des traces en fonction des situations (optimisation des zones de recherche), de leur aspect et de leur morphologie.

1.3.5. Création d'une banque de données / didacticiel

Dans le cadre de l'objectif numéro 3 de ce travail (Cf. Tableau 5), il a été décidé de mettre en place un outil moderne, permettant aux investigateurs d'orienter leurs recherches en suivant un canevas pertinent, via des rubriques spécifiques. Le but visé n'étant pas uniquement de fournir une check-list, mais de présenter un outil facilitant le travail au quotidien et permettant d'orienter de manière substantielle les méthodes de traitement d'un accident dans son ensemble.

Devant l'ampleur de la tâche, l'idée d'origine de la *Guide Line* a évolué. Une banque de données faisant office de guide pour l'utilisateur et étant destinée à la gestion des affaires au quotidien a été mise sur pied. L'objectif de cet outil est de fournir un cadre allant du général au particulier et permettant certaines facilités, notamment en ce qui concerne la numérotation, la gestion des images, les impressions de rapports, d'étiquettes, de check-list, etc.

L'ossature de cette banque de données a été proposée lors du projet de thèse présenté en mars 2005 dans les locaux de l'institut de Police Scientifique. Cette dernière est reprise ci-dessous car bien qu'ayant été passablement modifiée avec le temps, elle a servi de base solide pour la confection du produit final.

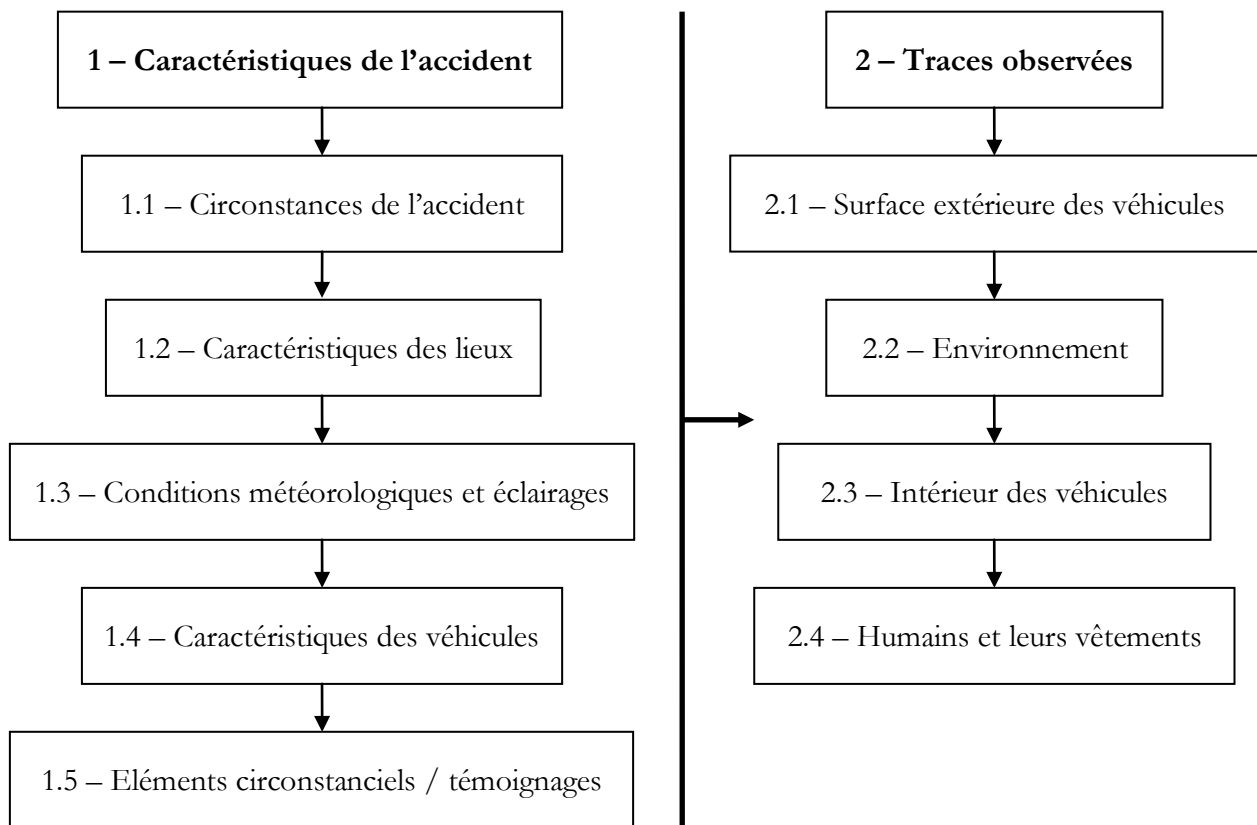


Figure 2 – Divisions principales de la banque de données (Cf. Annexe I).

Comme le montre la Figure 2, le projet de thèse prévoit une scission de la banque en deux parties : les caractéristiques de l'accident et la description des traces observées. Ces divisions sont formées de respectivement cinq et quatre sous-chapitres, mis en place de manière à simplifier la description de l'affaire.

1.3.5.1. L'ossature de la banque

Circonstances de l'accident (1.1) :

A l'intérieur de ce sous-chapitre, la première étape consiste à proposer trois nouvelles classifications en fonction du type d'accident. Il s'agit donc de différencier les cas « véhicules contre piéton », « véhicule contre véhicule » et « véhicule seul ». Il s'ensuit une brève description des véhicules (type, nombre d'occupants et leurs blessures, ceintures de sécurité, éjections) et des piétons impliqués (âge approximatif, sexe, blessures, habits).

Caractéristiques des lieux (1.2) :

Description précise du lieu de l'accident. Le type de route¹ est décrit, de même que les obstacles, les virages, la pente ou encore le dévers. Il convient dans ce passage de noter certains paramètres importants tels que les distances mesurées, les champs de vision ou encore l'état de la route et sa propreté par exemple.

Conditions météorologiques et visibilité (1.3) :

Mise en évidence de quelques éléments, ayant trait à la météo ou à l'éclairage. Ces facteurs peuvent en effet influencer la probabilité qu'un accident de la circulation se produise.

Caractéristiques des véhicules (1.4) :

La taille de ce sous-chapitre est fonction du nombre de véhicules impliqués. Il s'agit d'apporter une description plus poussée que la précédente (1.1) afin d'assurer que tous les éléments de base concernant les véhicules et entrant en compte lors d'une reconstruction cinématique soient réunis. Parmi ces informations, on recense notamment la marque du véhicule, sa masse (avec passagers et matériaux transportés), les détails sur ses pneumatiques (défauts, usures, types), son année de construction et éventuellement les codes de couleurs de sa mise en peinture.

Éléments circonstanciels / témoignages (1.5) :

Il est important de laisser un dernier champ libre à la fin de cette première division afin de pouvoir y ajouter tout élément supplémentaire, jugé pertinent par l'investigateur.

Tout au long de la deuxième section de la banque de données, il a été décidé d'offrir une possibilité d'introduire les résultats des analyses en laboratoire, et ce pour l'ensemble des traces. Cet élément n'est pas périodiquement rappelé lors de la description des sous-chapitres 2.1 à 2.4, mais se trouve dans l'Annexe 1.

Surface extérieure des véhicules (2.1) :

Pour débiter la description des traces observées, il a été décidé de commencer par les éléments présents sur la surface extérieure du/des véhicule/s. Chaque véhicule mentionné dans la partie 1.1 ajoute un nouveau volet à ce sous-chapitre. Concrètement, l'utilisateur a la possibilité d'ajouter divers types de traces en indiquant pour chacune d'elles, plusieurs informations sur leur nature telles que la zone de prélèvement, l'état, la couleur ou la quantité de matière.

¹ Intersections, ponts, tunnels, entrée ou sortie de virages, ...

Environnement (2.2) :

Ce sous-chapitre est très semblable au point 2.1 du point de vue de la manière dont il est organisé. La grande différence réside dans le fait que les traces décrites sont présentes dans l'environnement de l'accident et non sur la surface extérieure des véhicules. Contrairement à la définition réelle de l'environnement (lettre "E" du système HVE), l'utilisateur s'interroge uniquement sur les éléments présents sur le sol et les obstacles potentiels.

Intérieur des véhicules (2.3) :

Description des traces présentes à l'intérieur des véhicules. Cette partie de la banque de données n'est exploitée que dans un nombre limité de situations : s'il y a un doute quant au port de la ceinture de sécurité, s'il y a une suspicion de mensonge relatif à la position d'un occupant dans le véhicule, si le conducteur est en fuite ou s'il y a eu éjection des automobilistes. Cette section contient également une partie concernant l'exploitation des traces présentes sur les ceintures de sécurité.

Humains et leurs vêtements (2.4) :

Ce dernier sous-chapitre comprend la description détaillée des traces retrouvées sur les personnes impliquées dans l'accident ainsi que leurs blessures (occupants des véhicules et piétons). Bien que les traces présentes sur les piétons soient décrites dans tous les cas de figure, on ne s'intéresse aux traces sur les occupants que dans les cas particuliers suivants : s'il y a un doute sur le port de la ceinture de sécurité, s'il y a une suspicion de mensonge quant à la position d'un occupant dans le véhicule, si le conducteur est en fuite ou s'il y a eu éjection des automobilistes (conditions fixées également dans le sous-chapitre 2.3). A noter que l'investigateur n'est pas obligé de prélever l'ensemble des traces présentes sur les corps. Toutefois, la banque de données propose un certain nombre de rubrique permettant de traiter l'ensemble des cas de figures.

Dans la mesure du possible, les classifications de l'Office Fédéral de la Statistique¹ ont été prises en compte dans la structure et dans les exigences de la banque de données [OFS, 1992]. Cependant, la priorité accordée à ce travail est avant tout opérationnelle et il va de soi que des descriptifs trop détaillés pourraient nuire à ce but. Dès lors, certaines classifications s'éloignent quelque peu des limites définies dans ce cadre.

¹ Documents créés notamment en collaboration avec l'Office Fédéral des Routes (OFROU).

Cette présentation de la banque de données n'est en réalité que l'ossature de l'outil. Une vision plus détaillée du projet est présentée à la fin de ce travail dans l'Annexe 1. Dans la mesure où la banque de données a été développée tout au long de cette thèse, différentes modifications y ont été apportées. Ainsi, certaines options comprenant notamment l'importation de photographies ou de croquis par exemple ont été ajoutées. Des rubriques d'aides à la reconstruction ont également été incluses dans le projet afin que cette banque puisse jouer un rôle important de didacticiel et remplace pleinement une check-list. Le but étant de fournir une réelle marche à suivre et une systématique affinée, quant à la procédure de recherche et de prélèvement des traces.

1.3.5.2. Les phases de création

La mise en place de la banque de données de gestion des accidents a été planifiée en trois parties principales décrites brièvement ci-dessous.

Première phase – choix informatique :

La première phase englobe le choix du programme approprié et la programmation à proprement dit de la banque. Cette étape est de loin la plus longue et nécessite plusieurs centaines d'heures de travail à elle seule, puisqu'elle implique également un choix stratégique quant aux rubriques à remplir. Lors de la phase de test décrite ci-dessous, il va de soi que ce choix a été affiné.

Deuxième phase – étape test :

Une fois la banque programmée et mise en place, il s'agit de la tester en y faisant figurer un certain nombre de cas pratiques rencontrés lors de ce travail de thèse. Cette étape intermédiaire assure une cohérence dans le choix des champs à remplir et dans les masques de saisie. Elle permet en outre d'optimiser l'outil avant la phase finale.

Troisième phase – étape de validation :

Cette dernière étape est justifiée dans la mesure où elle permet de faire valider le travail effectué jusqu'alors par de tierces personnes. Il s'agit en effet de proposer la banque de données à des spécialistes de tous niveaux dans le domaine des accidents afin d'obtenir leur opinion et leurs propositions de modification.

Au terme de ces trois phases, la base de données est prête à l'emploi. Néanmoins, d'autres modifications sont toujours susceptibles de voir le jour en fonction des expériences pratiques acquises sur le terrain.

1.3.6. Discussion et interprétation des résultats

Au terme de cette thèse, il est logique de conclure avec une discussion concernant les résultats de l'ensemble du travail. Les informations collectées ont été interprétées et les réflexions menées ont débouché sur des séquences de travail permettant l'optimisation de l'état des lieux d'une scène d'accident.

Les techniques de recherche et de prélèvement ont été passées en revue, de même que le matériel d'intervention et la formation nécessaire aux premiers intervenants.

Dans un second temps, cette recherche inclut une étape propre à l'interprétation des informations acquises lors de la pratique. Cette partie interprétative est justifiée dans la mesure où elle a pour but final de simplifier davantage le travail des praticiens lors de l'intervention sur des accidents routiers. L'objectif est premièrement d'obtenir une vision détaillée de la diversité des traces présentes, de leurs zones de prélèvement, de leur abondance et de leur fréquence d'apparition en fonction du type d'accident. Il s'agit en fonction du type de cas, d'aiguiller les recherches lors de la procédure d'état des lieux, d'indiquer quels éléments il est préférable de rechercher en premier et dans quelles zones en particulier.

D'un point de vue sémiotique, il s'agit donc de former l'interprétant des personnels amenés à réaliser les premières constatations.

1.4. Moyens et méthodes utilisés

1.4.1. Recherche, prélèvement et exploitation des traces

Avant de débiter le travail sur les lieux, la marche à suivre et les techniques visant à être utilisées dans le cadre de la recherche de traces doivent être définies brièvement. Ce complément d'information est important dans la mesure où il touche plusieurs chapitres pratiques contenus dans cette thèse. Il va sans dire que ces données ne sont pas figées et ont quelquefois été adaptées et optimisées au courant des cas pratiques.

Au niveau des zones de recherche, la scène d'accident a été prise en compte dans son ensemble. De ce fait, l'environnement extérieur, les véhicules (carrosserie et habitacle), leurs occupants ainsi que les piétons éventuels ont fait l'objet d'observations si nécessaire. Les traces présentes ont été décrites, photographiées et certaines d'entre elles ont été prélevées afin d'être exploitées.

L'ensemble des traces prélevées a fait l'objet d'observations macro/microscopiques au Service Forensique de la Police Neuchâteloise. Certaines traces cependant ont subi une séquence d'exploitation plus poussée et ont été analysées à l'Institut de Police Scientifique de l'Université de Lausanne afin d'éclaircir la question portant sur leur provenance. Cette étape de vérification est justifiée car il est inconcevable de tirer des conclusions sur des traces dont la provenance est

très incertaine. Il convient néanmoins de garder à l'esprit que les objectifs principaux de cette recherche ont été fixés de manière à privilégier l'état des lieux d'une scène d'accident de la circulation. Il ne s'agit donc pas d'optimiser les techniques d'analyse en laboratoire. Pour cette raison, seules des analyses complémentaires optiques et physico-chimiques de type FTIR et/ou RAMAN ont certaines fois été envisagées pour clore les séquences analytiques. Ces techniques complémentaires ont permis dans la plupart des cas de confirmer ou d'infirmer les hypothèses préétablies sur la nature des traces (Figure 3).

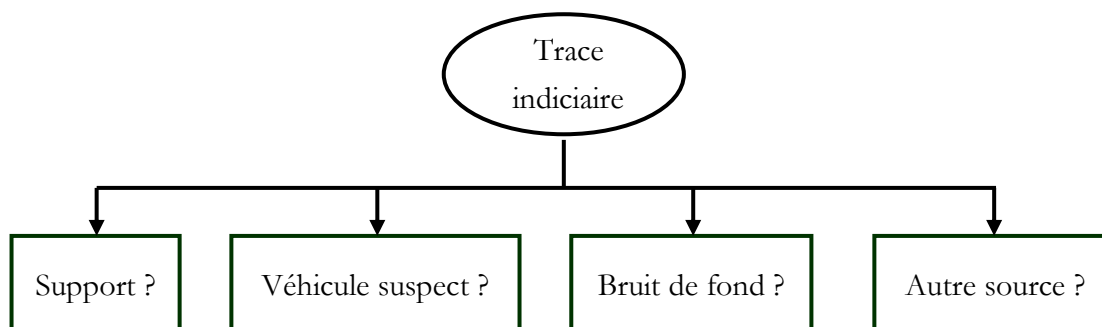


Figure 3 : Origine d'une trace indiciaire

Au niveau des techniques de prélèvement et d'analyse spécifiques à chaque trace, aucune description précise n'a été donnée à cette étape de la recherche. Malgré le fait que certaines méthodes soient déjà connues, d'autres restent en effet à définir. Tel est le cas pour le prélèvement d'une trace de peinture en fonction de son état par exemple. Ou encore le recueil de gomme sur des traces de pneumatiques présentes sur une scène d'accident. Plusieurs solutions sont envisageables. Faut-il prélever la trace en question avec de l'adhésif ? L'emploi d'une microbrucelle est-il plus adapté ? Y a-t-il un avantage à privilégier le prélèvement d'une partie du support comportant la trace ?

1.4.2. Dynamique de l'accident

L'utilisation des méthodes visant à établir la dynamique de l'accident a été étudiée au cas par cas. La décision relative à l'exploitation de ces calculs a été évaluée d'une part en fonction de la faisabilité d'une telle analyse et d'autre part en tenant compte de son potentiel en terme de plus-value pour la compréhension du cas. Ainsi, l'estimation des points de réaction des conducteurs et la détermination des vitesses, des accélérations et des trajectoires des différents véhicules ont été limitées aux cas relativement simples en terme de dynamique, mais pour lesquels de tels calculs sont susceptibles d'apporter une information utile et pertinente dans le cadre de l'enquête. En règle générale, seules des formules basiques telles que celles décrites dans la partie introductive de ce mémoire ont été utilisées (2.9).

1.4.3. Équipement utilisé

Au niveau de l'équipement, le choix de l'éclairage employé pour les recherches a été porté en premier lieu sur une lampe de marque Maglight[®] équipée d'une ampoule à incandescence. Cet équipement a été modifié au cours de la partie pratique au privilège d'une lampe de poche équipée avec une diode de marque Led Lenser P7[®]. Ce type de lampe procure un éclairage puissant et relativement homogène. En ce qui concerne les photographies, les prises de vue générales et de détails ont été effectuées avec des appareils de types Fuji Finepix S3/S5[®] et Canon EOS[®]. Finalement, une valise contenant du petit matériel a été confectionnée afin de permettre le prélèvement de toutes sortes de traces. Cette valise comporte entre autre des microbrucelles, un scalpel, du scotch « police » de Rorschach AG[®], des feuilles d'acétate, des sachets de prélèvements et un mètre. La description complète de cette valise a été incorporée dans ce travail au sein de l'Annexe 7, traitant la question de l'équipement des premiers intervenants.

Outre sa simplicité et son efficacité, l'équipement décrit ci-dessus a également l'avantage d'être disponible dans l'équipement de base du policier. Ce dernier argument est un point important car les séquences d'examen proposées dans ce travail ont pour but principal de servir aux premiers intervenants.

1.4.1. Possibilités pratiques

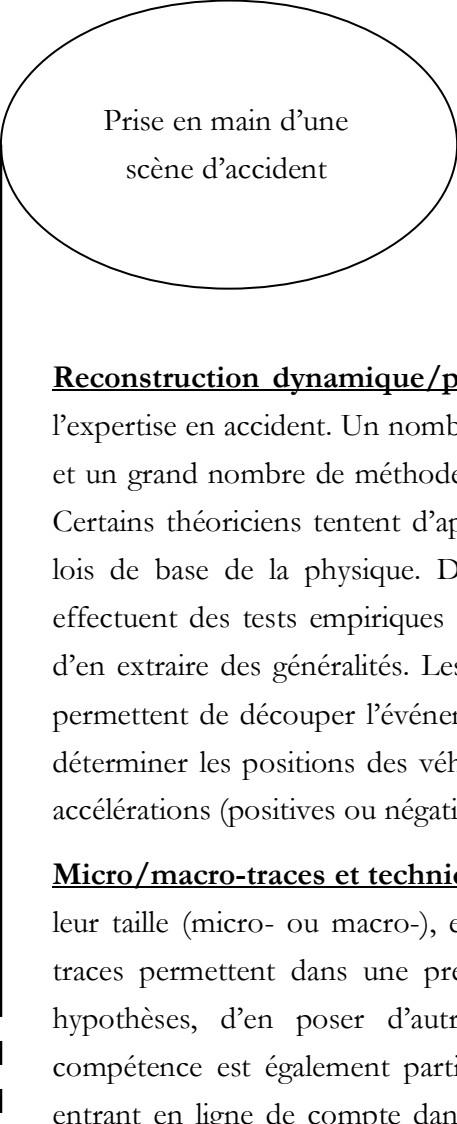
Les différentes possibilités d'études de cas réels via la Police Neuchâteloise et l'Institut de Police Scientifique ont déjà été décrites dans le plan de travail ci-dessus (Cf. sous-chapitre 1.3.3). Cependant, ces affaires ne constituent pas la seule et unique source d'information pratique utilisée pour cette thèse.

La collaboration avec certains partenaires particuliers neuchâtelois et vaudois¹ ont permis d'entreprendre ou de parfaire maintes recherches sur des véhicules accidentés. Cette collaboration s'est révélée très fructueuse, notamment pour l'étude des traces de peintures, des pare-brises, des ceintures de sécurité et des airbags. Ces deux derniers sujets ont également fait l'objet de recherches dans le cadre des travaux de SIEGFRIED Ariane, JOLIDON Blurette et GIROD Aline à l'Université de Lausanne [JOLIDON, 2004 ; SIEGFRIED, 2004 & GIROD, 2007]. Ces trois séminaires ont donc également apporté certaines possibilités pratiques dans le cadre de cette thèse.

¹ Parmi ces entreprises, la collaboration la plus importante a été réalisée avec la Société de Dépannage Automobile à Crissier (SDA) qui a mis en place des moyens très importants dans le cadre de cette étude.

2. INTRODUCTION

L'étude des accidents de la circulation englobe un cercle de compétences très vaste. La gestion d'un cas grave peut demander de sérieuses connaissances, qui parfois s'avèrent très pointues. C'est principalement le cas en dynamique automobile, en mécanique et en microtraces, mais également notamment dans les domaines du droit, de la biomécanique, de la photographie et de la médecine légale (Tableau 6). Puisqu'il est extrêmement rare qu'une seule et même personne puisse posséder l'ensemble de ces compétences, il est normal de compter sur une bonne collaboration entre les différents corps de métier afin de s'assurer qu'un accident complexe et grave soit traité de manière optimale. Pour remplir ces conditions, il est primordial que chaque intervenant ait conscience des tâches et des contraintes de ses partenaires.



Prise en main d'une
scène d'accident

Reconstruction dynamique/physique : cette branche technique est l'un des piliers de l'expertise en accident. Un nombre très important d'auteurs se sont penchés sur la question et un grand nombre de méthodes de calcul ont vu le jour depuis le milieu du siècle passé. Certains théoriciens tentent d'approcher la réalité en appliquant des paramètres issus des lois de base de la physique. D'autres attaquent le problème par un angle différent et effectuent des tests empiriques afin de tenter de reproduire une situation bien précise et d'en extraire des généralités. Les calculs effectués au sein de cette sphère de compétence permettent de découper l'événement « accident » en séquences bien distinctes. Il s'agit de déterminer les positions des véhicules tout au long de l'événement, leurs vitesses et leurs accélérations (positives ou négatives) [BURG & MOSER, 2007].

Micro/macro-traces et techniques analytiques : l'observation des traces, quelle que soit leur taille (micro- ou macro-), est un passage obligatoire à tout stade de l'expertise. Ces traces permettent dans une première phase de comprendre l'événement, d'exclure des hypothèses, d'en poser d'autres et d'évaluer certains paramètres. Ce domaine de compétence est également particulièrement utile afin de préciser la nature des contacts entrant en ligne de compte dans un accident. Ces contacts concernent naturellement les

transferts de traces à l'extérieur des véhicules (chocs entre véhicules, piétons et obstacles), mais également à l'intérieur de l'habitacle et sur les personnes impliquées (doutes sur la position des occupants ou fuite du conducteur par exemple). Dans une deuxième phase, les techniques analytiques permettent de confirmer ou d'infirmer les hypothèses posées lors de l'observation de la morphologie des traces et de leur couleur. Ces techniques peuvent permettre de différencier deux traces qui jusqu'alors semblaient similaires. Ces différenciations conduisent en général à une très grande précision au niveau de la position des contacts, qu'il s'agisse d'impacts ou de frottements [MARGOT & LENNARD, 1991 ; HAFSI & MASSONNET, 2008].

Photographie/photogrammétrie : la photographie permet tout d'abord de fixer l'état des lieux d'une scène d'accident. Les traces observées peuvent ainsi être situées et leur morphologie sauvegardée. La photographie et la photogrammétrie permettent également de recueillir les déformations des structures qui s'avèreront primordiales pour comprendre et préciser les différents chocs (angle de l'impact, enfoncement maximal) [LANZI, 2009].

Droit : les questions régissant le partage des responsabilités sont particulièrement importantes. La connaissance des règles juridiques et de leur application amène un expert à se poser les bonnes questions et à tenter de les résoudre [RS741.01, 2010 ; RS741.11, 2010 ; RS741.41, 2010].

Mécanique/structure automobile : lorsque les causes d'un accident ne sont pas connues et que ce dernier a des conséquences non négligeables, il est fréquent d'effectuer une expertise technique dans le but de mettre en évidence d'éventuels défauts mécaniques ou structurels (pneumatiques, freins, ESP, ABS, direction par exemple). Des problèmes de fonctionnement sont très souvent invoqués comme cause principale d'un accident et certains conducteurs tentent ainsi d'amenuiser leur responsabilité. Ceci dit, il n'est néanmoins pas rare qu'un conducteur soit surpris par le comportement de son véhicule et cette analyse mécanique permet de lever le voile sur l'incertitude pesant sur le bon fonctionnement de ce dernier [DEPRIESTER, 2004-2008].

Domaine médical : l'examen de certaines blessures peut permettre d'expliquer le déroulement de l'accident. Puisque la gravité d'une lésion est corrélée à la violence du choc qui l'a produite, il est possible d'induire une gamme de vitesses plausibles en observant les lésions subies par un blessé ou une personne décédée. Dans le même ordre d'idée, le sens de fracture d'un os peut apporter des indications sur la configuration de choc entre une voiture et un piéton. Cet élément peut permettre de se déterminer sur le sens de marche du piéton et donc de connaître le chemin parcouru par ce dernier avant l'impact (distance et temps écoulé entre le début du passage clouté et l'impact). Ces précisions sont primordiales

car elles influencent le point de réaction du conducteur et donc l'ensemble de la reconstruction [HORISBERGER, 2006 ; BUCK 2009 ; SCHRAG & BOLLMANN, 2009].

Autres : en plus des domaines décrits plus haut, certaines facultés sont primordiales pour permettre de réaliser un travail sérieux sur un cas d'accident. Mis à part les compétences visant à établir les plans et croquis, tous deux vitaux pour procéder à une analyse complète, d'autres connaissances peuvent être nécessaires au cas par cas. Le génie civil, la biomécanique et la psychologie en font partie. Cette liste est loin d'être complète dans la mesure où elle ne prend pas en compte la gestion de l'événement lui-même. En effet, le travail des premiers secours et le sauvetage réalisés les pompiers n'est de loin pas négligeable.

Tableau 6 – Champs de connaissances impliqués dans la gestion d'une scène complexe d'accidents routiers.

Ayant conscience de l'étendue des compétences requises pour l'élaboration d'un travail sur les accidents de la circulation et en accord avec le mémoire de thèse présenté et accepté le 14 mars 2006 dans les locaux de l'École de Sciences Criminelles (ESC), cette recherche de doctorat porte principalement sur les trois premiers aspects décrits dans le Tableau 6 : la dynamique, les micro-/macro-traces et la photographie. Dans la mesure où chacun de ces trois domaines nécessite à lui seul des années d'études et des compétences très pointues, plusieurs formations et stages ont été nécessaires afin de pouvoir les traiter et compléter la formation de l'auteur de ce mémoire.

2.1. Définition

Un nombre très important de définitions différentes d'un accident de la circulation existent déjà. Les sources semblent infinies et chaque dictionnaire propose une interprétation différente. La définition suivante a été choisie pour sa rigueur et sa simplicité :

Un accident se définit comme étant le fruit d'une rupture inattendue et dommageable dans la vie quotidienne d'une personne ou d'un groupe de personnes. Par accident de la circulation, on entend un accident qui se produit sur la voie publique ou accessible au public et qui implique au moins un véhicule, motorisé ou non motorisé, tel qu'un vélo.

Comme le souligne le paragraphe susmentionné, la définition d'un accident de la circulation doit prendre en compte le lieu (voie publique ou accessible au public), les objets concernés (une personne ou un groupe de personnes ainsi qu'au moins un véhicule) et l'événement (phénomène

inattendu¹ et provoquant des dommages, qu'ils soient matériels ou corporels). Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, il ne s'agit dès lors pas d'un accident de la circulation dans le sens propre du terme.

2.2. Les accidents de la circulation en Suisse

La question de la sécurité sur les routes constitue aujourd'hui un véritable problème dans notre société. Les enjeux sont humains², économiques³ et politiques⁴ [FERRANDEZ, 1995].

Comme le montre le Graphique 1 (données tirées de l'Office Fédéral de la Statistique : OFS), le nombre d'accidents de la circulation en Suisse est en constante baisse malgré l'augmentation constante du trafic et du parc automobile. Dans la mesure où la courbe des accidents avec victime(s) suit de près celle des accidents totaux, cette dernière est donc également en décroissance.

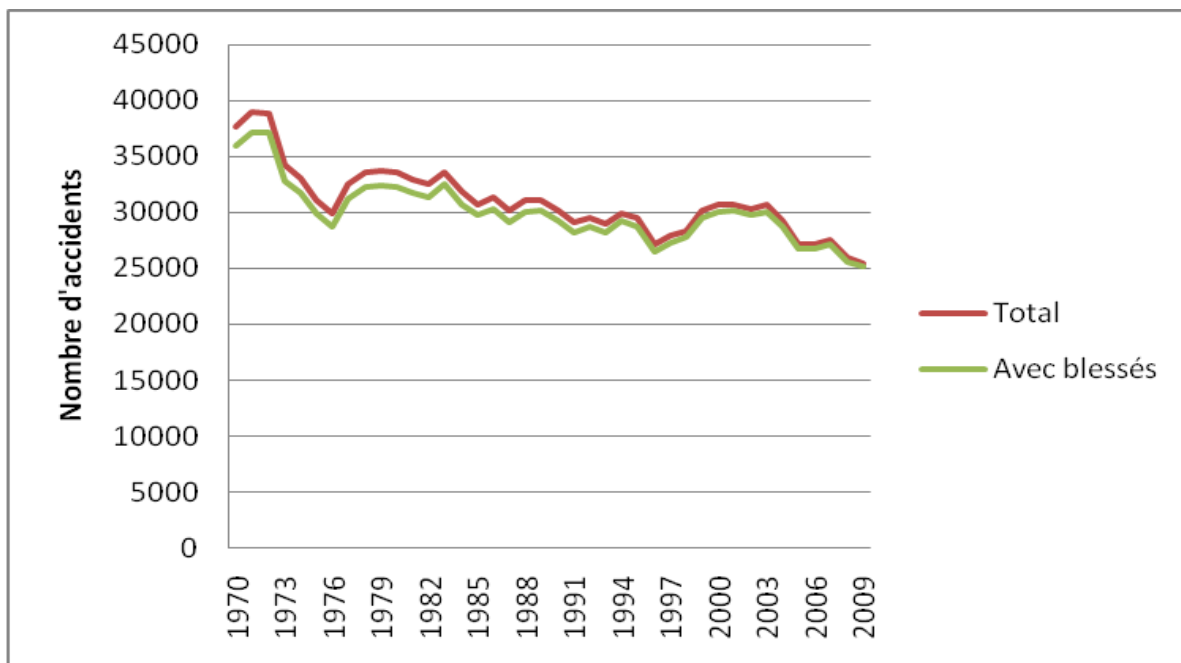
Cette progression vers la sécurité est due en majeure partie aux avancées politiques pouvant être qualifiées de sécurité primaire (rigueur et sévérité des sanctions, abaissement du taux d'alcoolémie au volant, mise en place de contrôles radars). L'ensemble de ces mesures a un impact réel sur la psychologie du conducteur et tend à faire diminuer sensiblement les comportements à risque.

¹ Ce qui exclu l'acte intentionnel.

² Victimes d'accidents, sentiment d'insécurité, ...

³ Coût matériel des accidents de la circulation, frais liés au trafic routier, coûts causés par les blessés ou tués, ...

⁴ Aménagement du territoire, tendance répressive ou non, ...



Graphique 1 – Évolution du nombre d'accidents de la circulation total et avec victime(s) en fonction du temps en Suisse [Site WEB 1].

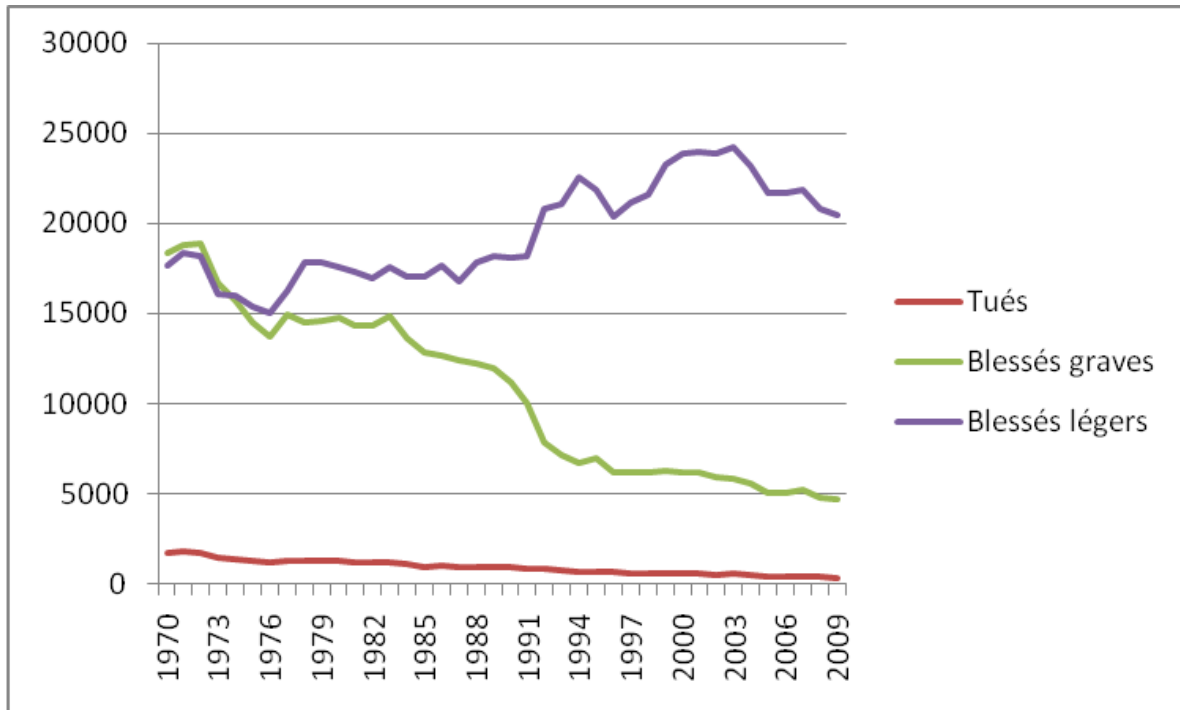
Bien que ce graphique montre la courbe de l'ensemble des accidents (courbe rouge), il convient de ne pas s'y fier en ce qui concerne les dégâts matériels. En effet, le chiffre noir accompagnant cette variable est très élevé. Les services de police et les assurances ne sont en effet souvent informés d'un dégât matériel que si l'intérêt pécuniaire d'un conducteur est en cause¹ ou si un constat technique est demandé (plusieurs protagonistes en désaccord par exemple).

Parallèlement aux données recueillies dans le Graphique 1, la gravité des accidents au niveau des lésions subies par les victimes a une nette tendance à la diminution (Graphique 2). Les garants de cette évolution, plus que positive, sont dans une large mesure les constructeurs automobiles qui ont amélioré de manière importante la sécurité secondaire² de l'utilisateur. Il sied cependant de relever que les progrès de la médecine ont également permis une meilleure prise en charge des traumatismes en améliorant la sécurité tertiaire³.

¹ Avec la possibilité d'être remboursé.

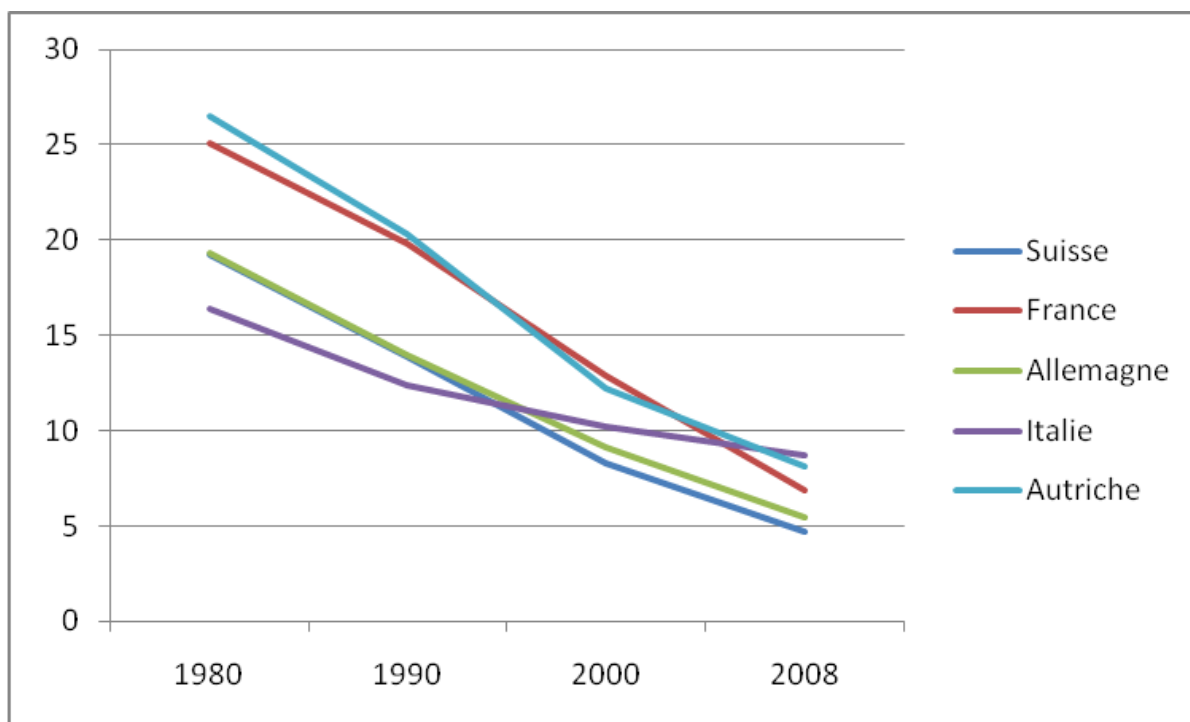
² Amélioration dans la conception des véhicules, meilleur contrôle des déformations, optimisation des systèmes de retenue, etc.

³ Gestion des urgences (SMUR), optimisation des techniques de prise en charge du patient, etc.



Graphique 2 – Évolution de la gravité des blessures subies lors d'accidents de la route depuis 1970 en Suisse [Site WEB 2].

Au niveau international, l'évolution du nombre d'accidents mortels est également à la baisse pour la très grande majorité des pays. Le Graphique 3 expose la situation depuis 1980 pour la Suisse ainsi que ses principaux pays limitrophes : la France, l'Allemagne, l'Italie et l'Autriche. Avec moins de 5 accidents mortels en 2008 par tranche de 100'000 habitants, la Suisse se situe en tête de classement. La tendance de ce graphique est également valable au niveau mondial, où la Suisse occupe la cinquième place, derrière le Royaume-Uni, Malte, les Pays-Bas et la Suède [Site WEB 2].



Graphique 3 – Comparaisons internationales effectuées sur la base du nombre de tués lors d'accidents de la route en fonction du temps [Site WEB 2].

Malgré la situation positive vécue ces dernières années en Suisse, le coût réel des accidents de la circulation n'est de loin pas négligeable. L'impact socio-économique est en effet très important et dépasse les 7 milliards de francs suisses par année. Bien que ce chiffre soit très impressionnant, il ne comprend que la face financière du problème puisque le facteur émotionnel provoqué par la violence de l'événement ou la perte d'un proche ne peut pas être comptabilisé.

Compte tenu de l'étendue des dégâts matériels et corporels, il est établi que les accidents de la circulation, dont plus de 20'500 ont fait des victimes en 2009 dans notre pays [Site WEB 1], ont des conséquences dramatiques pour la société. Il y a donc une réelle nécessité d'action et d'investigation dans ce domaine.

2.3. Aspect légal

Le but de ce sous-chapitre est d'effectuer un bref rappel théorique de quelques articles de loi applicables dans les affaires de circulation routière. La violation des règles de la circulation, ayant bien souvent des conséquences importantes pour l'intégrité corporelle et pour les biens matériels d'autrui, donne fréquemment lieu à des concours d'infraction notamment avec certains articles du Code Pénal Suisse [Site Web 4].

Étant donné le large éventail de règles en vigueur dans le domaine de l'accidentologie, seul l'essentiel des articles de loi est rappelé dans ce texte.

Tout d'abord, l'ordonnance concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers (OETV¹) régit l'ensemble des règles qui découlent des homologations et des standards au niveau technologique. A titre d'exemple, cette ordonnance contient aussi bien les mesures de niveaux sonores et des angles de visibilité des feux que les règles concernant les enregistreurs de fin de parcours et les tachygraphes.

Les devoirs en cas d'accidents quant à eux sont régis principalement par l'article 51 de la LCR². Ce texte de loi est complété par les articles 54, 55 et 56 de l'OCR³, dont l'essentiel est repris ci-dessous. Finalement, la couverture des dommages causés notamment par un véhicule non assuré ou non identifié est prise en charge par le fond national de garantie qui constitue l'article 76 de la LCR.

Article 51 LCR :

« Alinéa 1 : En cas d'accident où sont en cause des véhicules automobiles ou des cycles, toutes les personnes impliquées devront s'arrêter immédiatement [...] »

Alinéa 2 : S'il y a des blessés, toutes les personnes impliquées dans l'accident devront leur porter secours ; quant aux autres personnes, elles le feront dans la mesure qu'on peut exiger d'elles. Ceux qui sont impliqués dans l'accident, mais en premier lieu les conducteurs de véhicule, avertiront la police. Toutes les personnes impliquées, y compris les passagers, doivent prêter leur concours à la reconstitution des faits. Ces personnes ne pourront quitter les lieux sans l'autorisation de la police, sauf si elles ont besoin de secours, si elles doivent en chercher ou quérir la police.

Alinéa 3 : Si l'accident n'a causé que des dommages matériels, leur auteur en avertira tout de suite le lésé en indiquant son nom et son adresse. En cas d'impossibilité, il en informera sans délai la police. »

Article 55 OCR :

« Alinéa 1 : La police doit être immédiatement avisée chaque fois qu'un accident a causé des blessures externes ou qu'il faut s'attendre à des blessures internes.

¹ Ordonnance du 19 juin 1995 concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers [RS741.41, 2010].

² Loi fédérale du 19 décembre 1958 sur la circulation routière [RS741.01, 2010].

³ Ordonnance du 13 novembre 1962 sur la circulation routière [RS741.11, 2010].

Alinéa 3 : Les personnes non impliquées dans un accident prêtent assistance notamment en appelant ou en allant chercher un médecin et la police, en transportant des blessés ou en assurant la sécurité de la circulation. »

Article 56 OCR :

« Alinéa 1 : Sur les lieux de l'accident, l'état des choses ne sera pas modifié avant l'arrivée de la police, à moins que la protection de blessés ou la sécurité du trafic ne l'exige. Avant de déplacer des victimes ou des choses, il convient de marquer leur position sur la route.

Alinéa Ibis : La police procède à la constatation des faits lors d'accidents de la circulation qui doivent être déclarés en vertu de l'art. 51 LCR; dans les autres cas, elle devra le faire si une personne impliquée le demande. La poursuite pénale est réservée.

Alinéa 2 : Si un lésé veut appeler la police sans qu'il y ait obligation de l'aviser, les autres personnes impliquées doivent participer à la constatation des faits jusqu'à ce qu'elles soient libérées par la police.

Alinéa 4 : Lorsqu'un conducteur apprend par la suite seulement qu'il a été impliqué dans un accident ou qu'il a pu l'être, il doit retourner sans délai sur les lieux de l'accident ou s'annoncer au poste de police le plus proche. »

Le titre 5 de la LCR¹ contient l'ensemble des dispositions pénales concernant les règles de la circulation routière. Parmi elles, l'article 90 ch. 1 et 2 décrit les peines susceptibles d'être infligées lors d'une violation des règles de la circulation. L'article 92 ch. 1 et 2, quant à lui, régit l'ensemble des sanctions en ce qui concerne la violation des devoirs en cas d'accident.

Article 90 LCR :

« Alinéa 1 : Celui qui aura violé les règles de la circulation fixées par la présente loi ou par les prescriptions d'exécution émanant du Conseil fédéral sera puni de l'amende.

Alinéa 2 : Celui qui, par une violation grave d'une règle de la circulation, aura créé un sérieux danger pour la sécurité d'autrui ou en aura pris le risque, sera puni d'une peine privative de liberté de trois ans au plus ou d'une peine pécuniaire. »

¹ Articles 90 à 103.

Article 92 LCR :

« Alinéa 1 : Celui qui, lors d'un accident, aura violé les devoirs que lui impose la présente loi sera puni des arrêts ou de l'amende.

Alinéa 2 : Le conducteur qui aura pris la fuite après avoir tué ou blessé une personne lors d'un accident de la circulation sera puni de l'emprisonnement. »

Autrement dit, l'alinéa 2 de l'article 92 de la LCR est un cas particulier de l'alinéa premier. Pour invoquer l'article 2, soit le délit de fuite, il y a nécessité qu'une personne ait été blessée ou tuée.

2.4. Statistiques des fuites

L'Office Fédérale de la Statistique (OFS) établit des statistiques sur le nombre de condamnations annuelles concernant un délit de la loi sur la circulation routière (LCR). Cette banque de données est pour le moment nourrie uniquement avec des informations concernant les condamnations pénales inscrites au casier judiciaire. Dès lors, les délits pour lesquels aucun auteur n'a été identifié ne sont pas contenus dans ces statistiques¹.

Outre le chiffre noir englobant les statistiques des fuites en cas d'accident, il sied de relever un problème supplémentaire au niveau de leur comptabilisation en Suisse. En effet, étant donné que les délits de fuite (article 92 ch. 2 LCR) sont des « délits » au sens juridique du terme, ils sont automatiquement recensés dans les casiers judiciaires des auteurs et donc comptabilisés par l'OFS. Ceci n'est pas forcément le cas des violations de devoirs au sens de l'article 92 ch. 1 de la LCR, qui sont des contraventions et ne sont donc inscrites au casier judiciaire depuis 2007, que si elles sont accompagnées d'une peine privative de liberté ou commises en combinaison avec un autre délit (conduite en état d'ébriété par exemple)².

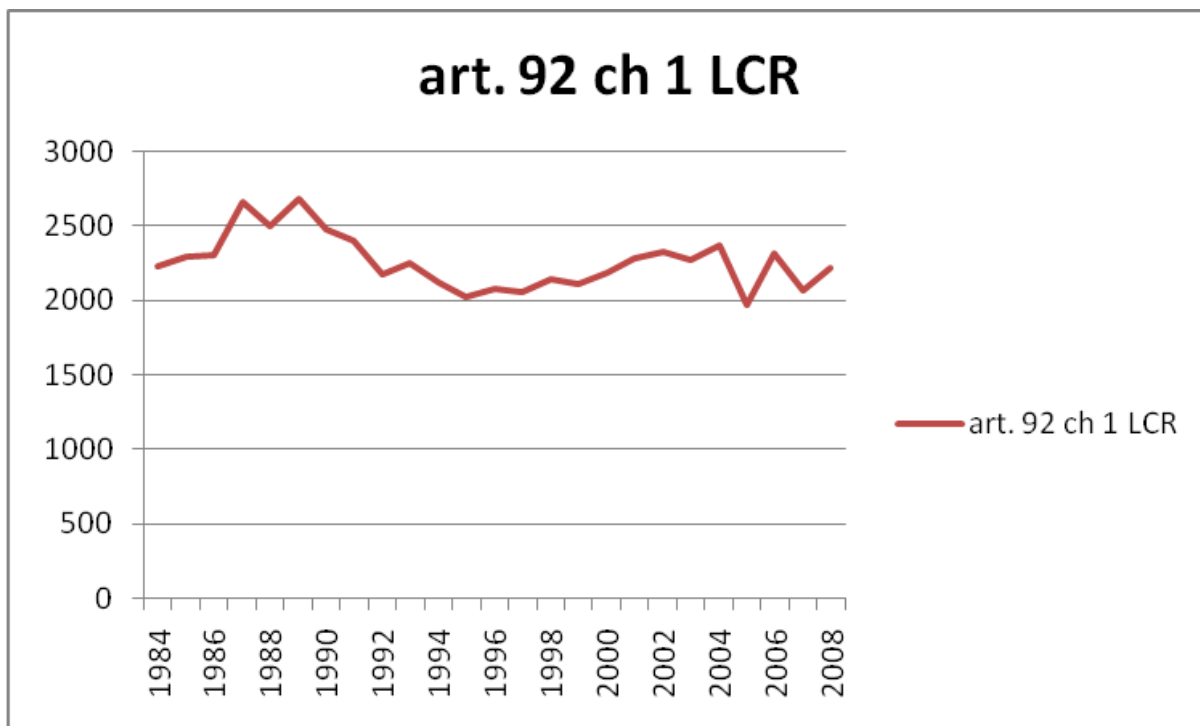
2.4.1. Les violations de devoirs

Les violations de devoirs inscrites au casier judiciaire sont relativement stables dans le temps en Suisse. Comme le montre le Graphique 4, la moyenne annuelle de ces infractions se situe aux

¹ Depuis 2010, les informations de police sont également à disposition de l'OFS. Dès lors les plaintes contre inconnu seront également répertoriées et pourront être comparées aux statistiques de condamnation (inscription au casier judiciaire). Malgré cela, l'expérience a montré que les services de police n'appliquent pas tous les mêmes consignes pour décider de l'enregistrement de certains paramètres concernant les accidents. Il arrive même que les consignes appliquées dans un même service varient dans le temps. Cela implique que les accidents ne sont pas recensés de manière uniforme dans tout le pays et en tout temps.

² Entre 1992 et 2007, les jugements sanctionnant uniquement une ou plusieurs contraventions étaient inscrits au casier judiciaire si la sanction était des jours d'arrêts (avec ou sans sursis).

alentours de 2220 cas sur les 20 dernières années. Compte tenu des problèmes de comptabilisation énoncés plus haut, il est certain que ce chiffre est largement sous-évalué.

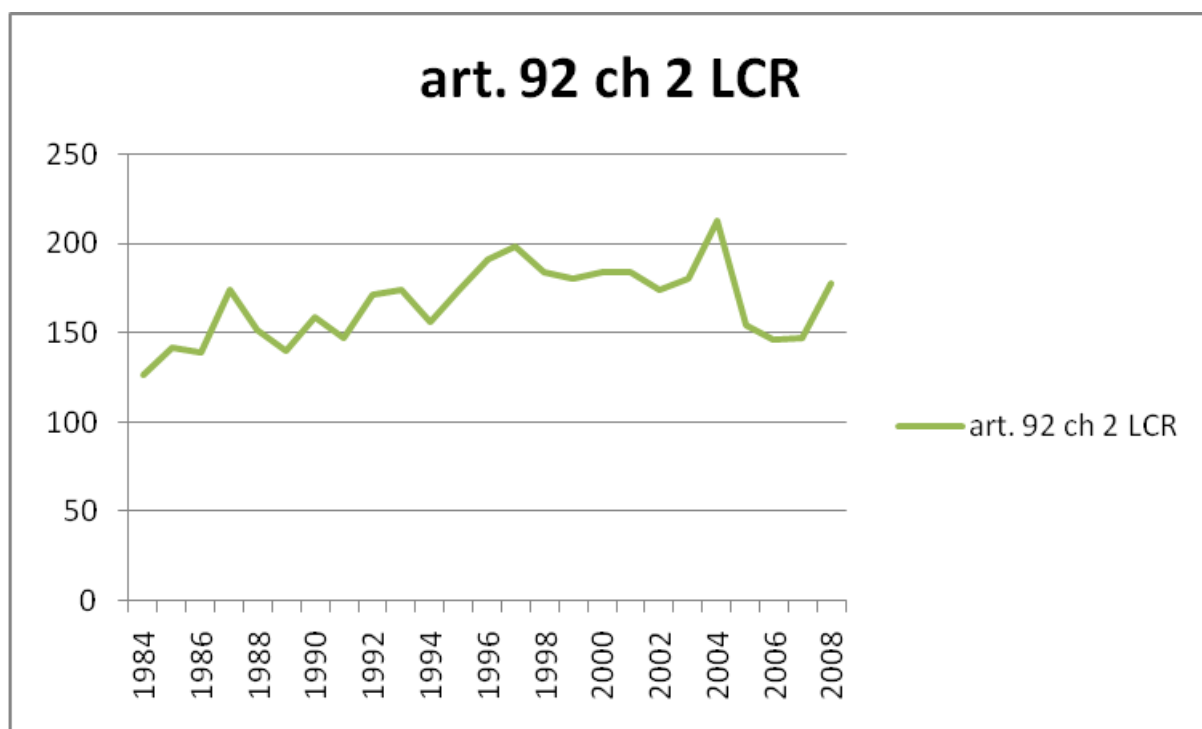


Graphique 4 : Évolution du nombre de violations de devoirs en fonction du temps en Suisse (art 92 ch. 1 LCR). Données tirées d'une correspondance avec M. Steve Vaucher, collaborateur scientifique à l'OFS [site WEB 1].

2.4.2. Les délits de fuite

Tout comme les violations de devoirs, le nombre de délits de fuite enregistré par l'OFS est relativement stable dans le temps. La moyenne de ces infractions se situe aux environs de 170 cas par année (Graphique 5). Bien que pour les raisons invoquées en début de chapitre, la fiabilité de ces mesures soit plus élevée que celle accompagnant les violations de devoirs (art 92 ch. 1 LCR), il subsiste toujours un nombre relativement élevé de cas non comptabilisés car les auteurs n'ont pas été identifiés.

L'ensemble des données exposées dans ce sous-chapitre met en avant la nécessité de mise en place d'une réelle systématique de recherche, de prélèvement et d'exploitation des traces en Suisse. Cette problématique n'est qu'abordée à ce stade de la thèse. Elle sera reprise plus loin dans le texte lors de la discussion avec les séquences de travail proposées pour lutter de manière systématique et efficace contre les fuites.



Graphique 5 : Évolution du nombre de délits de fuite en fonction du temps en Suisse (art 92 ch. 2 LCR). Données tirées d'une correspondance avec M. Steve Vaucher, collaborateur scientifique à l'OFS [site WEB 1].

2.5. Le système d'investigation suisse

Il existe quasiment autant de systèmes d'investigation dans le domaine des accidents en Suisse qu'il y a de cantons. Il est évident qu'une telle hétérogénéité pose un certain nombre de problèmes, notamment en ce qui concerne la fixation de standards de travail.

Puisque chaque police possède sa propre équipe de spécialistes et ses propres habitudes d'investigation, un groupe de travail composé principalement des chefs de groupes d'accidents suisses a été mis sur pied en 2005 afin de pallier à ce manque¹. La mise en place de cette structure devrait permettre à moyen terme une harmonisation des méthodes mises en œuvre dans le cadre des investigations d'accidents routiers en Suisse.

Malgré la forte hétérogénéité constatée, la grande majorité des accidents de la circulation en Suisse est traitée par la gendarmerie ou par un groupe spécialisé intégré au sein de cette entité. Certains cantons font également appel à un service scientifique spécialisé (KTD / SIJ) si la gravité ou la complexité de l'accident est importante.

¹ Ce groupe, présidé par Jörg Arnold du Wissenschaftlicher Dienst de la police zurichoise, se réunit annuellement pour une journée portant sur le thème de l'accidentologie.

2.5.1. Services d'Identification Judiciaire et polices de circulation

Selon le site Internet de l'École des Sciences Criminelles de l'Université de Lausanne, les sciences forensiques, ou la forensique, appliquent une démarche scientifique et des méthodes techniques dans l'étude des traces qui prennent leur origine dans une activité criminelle, ou litigieuse en matière civile, réglementaire ou administrative. [Site WEB 8]. Le lieu d'un accident de la route peut être en tous points assimilé à une scène de crime et donc les fondements des sciences forensiques peuvent y être appliqués.

Compte tenu du rapprochement flagrant entre un accident routier et une scène de crime traditionnelle, un questionnaire a été établi par la Police Neuchâteloise, dans le cadre d'une démarche de restructuration, afin d'étudier les synergies possibles entre les Services d'Identité Judiciaire et les groupes d'analyse d'accident de la gendarmerie. Les résultats de ce sondage ont été obtenus au début du mois de février de l'année 2007. 13 cantons ont répondu au questionnaire et la synthèse des réponses a été effectuée par le commissaire adjoint R. Jallard¹. Pour plus de détails concernant le questionnaire complet, il y a lieu de se référer à l'Annexe 2 de ce mémoire de thèse.

Synthèse du sondage : « *D'une manière générale, les Services d'Identité Judiciaire (SIJ) ne sont jamais seuls à gérer une scène d'accident. En fonction des cantons, ils sont plus ou moins impliqués du fait qu'ils possèdent un certain matériel (pour l'examen des traces, photogrammétrie) et des compétences particulières (identification de victimes). A quelques exceptions près, les accidents sont répartis entre la gendarmerie, la police de la circulation et/ou les groupes techniques d'accidents. Les SIJ se greffent sur ces structures au cas par cas.* »

L'analyse des réponses obtenues lors de ce sondage ne laisse que peu de doute. Les Services d'Identité Judiciaire sont très peu sollicités pour la reconstruction des accidents. Bien que leur intervention soit néanmoins demandée lors d'un processus d'identification de cadavre par exemple, ils ne gèrent pas la reconstruction à proprement dit du cas (positions des véhicules, vitesses, accélérations, points de réaction). Plusieurs éléments permettent d'expliquer ce phénomène. Les plus importants sont l'absence de formation particulière², le côté historique des

¹ Adjoint au chef du Service Forensique de la Police Neuchâteloise.

² Depuis 2004, la mise en place d'un cours de reconstruction cinématique des accidents routiers (RCAR) à l'École des Sciences Criminelles a permis de pallier à ce problème. Jusqu'alors, aucune formation n'était dispensée dans le domaine de la dynamique automobile et la plupart des experts dans ce domaine proviennent donc de branches techniques de l'ingénierie.

accidents qui ont de tous temps été traités par la gendarmerie et le clivage erroné, présent dans nos esprits entre science forensique et accidentologie.

2.6. Les différentes phases d'un accident de la circulation

D'un point de vue cinématique, un accident de la circulation peut être divisé en trois phases principales : la phase précédant la collision, la phase de collision à proprement parlé et la phase suivant la collision [BURG & RAU, 1981]. Bien que les questions posées par la suite par la justice concernent en majorité la phase de pré-collision¹, les trois étapes de l'accident génèrent un nombre important de traces pouvant s'avérer très intéressantes pour la reconstruction de l'événement. Comme le montre la Figure 4, les phases de pré-collision, de collision et de post-collision peuvent également être segmentées afin de permettre une meilleure compréhension de la réalité.

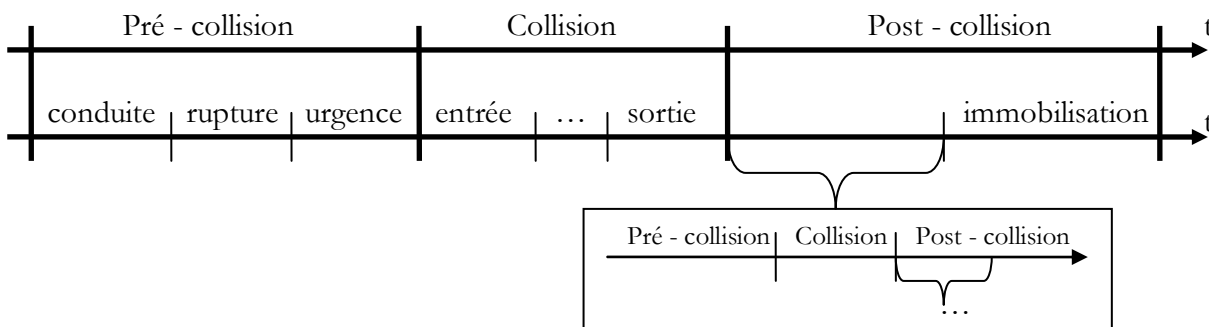


Figure 4 – Décomposition temporelle grossière d'un accident de la circulation inspirée selon DEPRIESTER².

2.6.1. La phase de pré-collision

Cette phase est composée en premier lieu d'un événement qui perturbe le cours normal de la circulation (rupture). Cet événement, correspondant à une situation de danger potentiel, marque le début de l'expertise dynamique et correspond au point de réaction³ (RP).

Une fois la situation de danger déclarée, il s'écoule un certain laps de temps durant lequel l'utilisateur de la route prend conscience du danger. La durée de cette réaction psychophysique varie en fonction de la situation et de l'état du conducteur (Cf. sous-chapitre 2.9.1).

¹ Directions/vitesses initiales, réactions des conducteurs, négligences, conditions nécessaires à l'évitement de l'accident, autres personnes/véhicules impliqués, etc ...

² Ce schéma a été inspiré par les discussions entretenues avec M. DEPRIESTER Jean-Philippe en 2004-2008.

³ Le point de réaction (RP) ne doit pas être confondu avec le point de réaction musculaire, qui intervient plus tard dans la séquence de l'accident (phase d'urgence).

Une fois que l'utilisateur de la route est conscient du danger qui le menace, la phase d'urgence est abordée. Cette phase, si elle est suffisamment longue, procure au conducteur la possibilité d'effectuer une tentative de braquage ou de freinage afin d'éviter qu'une collision ne survienne¹. Relevons cependant que la phase d'urgence ne débute pas immédiatement par un freinage ou un braquage. En effet, il est nécessaire de prendre en compte un laps de temps pour la réaction musculaire (action du pied sur la pédale de frein par exemple) et un autre pour la réaction propre au véhicule lui-même. Les différentes étapes de cette phase de pré-collision sont reprises de manière plus détaillée dans le sous-chapitre 2.9.1, qui traite particulièrement de la problématique des temps morts.

2.6.2. La phase de collision

La phase de collision est l'une des étapes les plus délicates à modéliser dans le cadre d'une reconstruction d'accident. En effet, les échanges d'énergies et la multiplicité des paramètres entrant en ligne de compte peuvent être très importants. Comme le sous-entend la célèbre maxime d'Anaxagore de Clazomènes, reprise 2000 ans plus tard par le chimiste et philosophe Antoine-Laurent de Lavoisier (1777) et publiée par FRIC *et al.* en 1964, les énergies des véhicules impliqués dans une collision ne sont pas perdues, mais plutôt modifiées. Ainsi, les énergies cinétiques peuvent être transférées d'un corps à un autre ou encore transformées en énergie rotatoire ou de déformation.

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

Le schéma de la phase de collision au sein de la Figure 4 démontre de manière explicite que cette étape n'est pas instantanée. Elle est en effet composée de trois stades qu'il est important de distinguer dans le cadre d'une reconstruction.

Dans le cadre d'une collision véhicule particulier – véhicule particulier, l'entrée de collision concerne le moment précis où les carrosseries amorcent un contact. D'un point de vue cinématique, la vitesse et la trajectoire des véhicules impliqués dans l'accident ne sont pas encore modifiées à ce stade de la collision (Cf. Figure 6).

Une fois les carcasses en contact, ces dernières vont s'enchevêtrer jusqu'à atteindre le point d'enfoncement maximal. Cet enfoncement est communément appelé « déformation maximale dynamique » (Cf. Figure 7). En règle générale, lorsque la phase de collision doit être représentée sur un plan à l'échelle, les véhicules sont placés dans cette position d'enchevêtrement aux endroits du choc.

¹ L'accélération n'est pas considérée comme étant une réaction naturelle et valable pour éviter une collision.

La phase de sortie de collision concerne le laps de temps durant lequel les corps s'éloignent après s'être enchevêtrés (enfoncement maximal dynamique). Les éléments déformés reprennent une partie de la place laissée et la distance de déformation pour chaque véhicule diminue légèrement. L'enfoncement final constaté est alors appelé « déformation maximale statique » (Déf. Stat.) ou « écrasements résiduels » car c'est uniquement cette déformation qui pourra être relevée lors de l'état des lieux des véhicules (Cf. Figure 8). Comme le montre la Figure 5, la différence entre la déformation maximale statique et dynamique (Déf. Dyn.) est due au fait que le choc est en partie élastique¹.

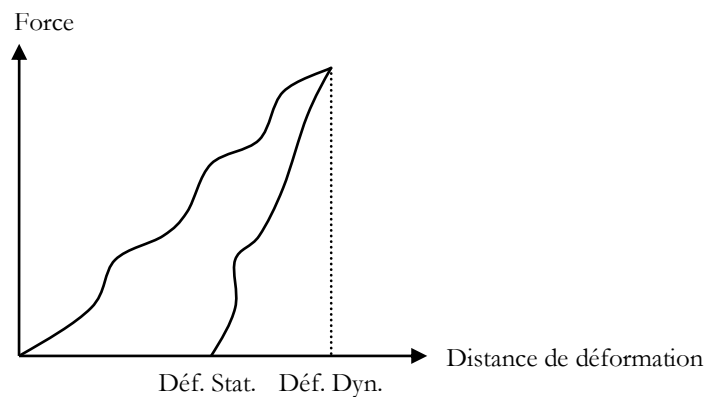


Figure 5 – Déformations subies par un véhicule lors d'une collision [GERSTER, 2007].

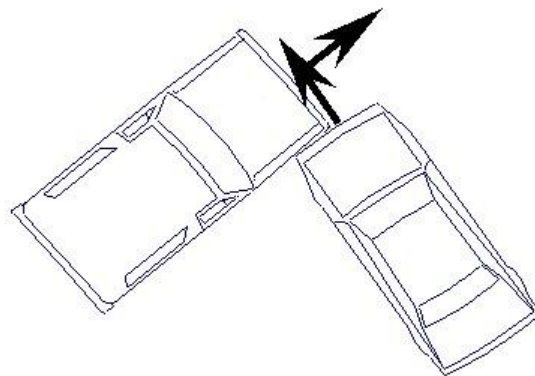


Figure 6 – Entrée de collision.

¹ Restitution partielle de l'énergie.

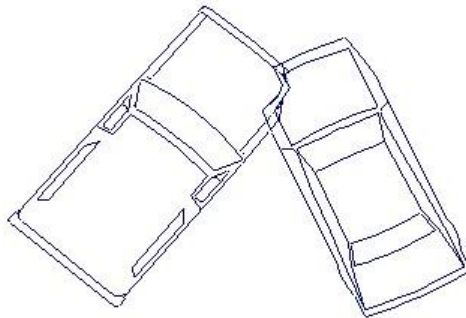


Figure 7 – Collision (enfouissement dynamique maximal).

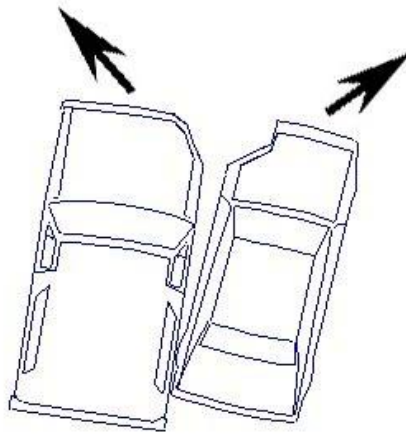


Figure 8 – Sortie de collision.

2.6.3. La phase de post-collision

La phase de post-collision se prolonge jusqu'à immobilisation totale des corps impliqués dans l'accident. Le terme de cette phase marque la fin du domaine d'expertise car celui-ci étudie les traces générées entre un point de réaction et l'arrêt total des véhicules. Comme le montre la Figure 4 , cette phase peut être composée d'autres impacts secondaires, pour lesquels trois nouvelles phases peuvent être définies : pré-collision, collision et post-collision.

2.7. Lexique

A ce stade de ce travail de thèse, quelques termes propres à l'accidentologie et à la description de la configuration des lieux doivent être définis. Cette précision linguistique est utile dans la mesure

où elle permet d'harmoniser un langage spécifique, dont une partie est employée dans le cadre de ce travail.

Une importante partie des travaux du commandant DEPRIESTER a été consacrée à la recherche de cette rigueur du langage. Bien que laborieux, ce travail de fond offre de solides bases unifiées et donc un énorme potentiel pour les recherches futures. Il clarifie ainsi les termes employés afin qu'un mot ne puisse en remplacer un autre qu'à la condition qu'ils soient tous deux proches de l'identique.

2.7.1. Domaine d'expertise

Comme il l'a été dit dans le sous-chapitre 2.6 , l'expertise en accident a une envergure limitée. Celle-ci s'étend du point de réaction (RP) jusqu'à l'immobilisation totale des véhicules et des piétons.

2.7.2. Zone d'impact

Est appelée zone d'impact, l'espace géographique dans lequel un choc a eu lieu. A défaut de « point » d'impact, il est préférable d'utiliser le terme « zone ». Ce dernier est en effet plus approprié à la réalité d'un accident de la circulation.

Malgré cela, le « point d'impact » convient tout à fait dans la reconstruction cinématique pour décrire la position des véhicules au moment de l'intrusion maximale durant la collision. La notion de « point d'impact » convient également lorsque les véhicules et les piétons sont considérés comme des points pesants, localisés au niveau des centres de gravité.

2.7.3. Point(s) d'immobilisation ou position(s) d'arrêt

Sont appelés points d'immobilisation, les positions des barycentres de l'ensemble des véhicules et des personnes impliqués dans un accident, immédiatement après l'événement¹. Lors de la prise en compte d'une scène d'accident, il convient de garder constamment à l'esprit que les positions finales après une ou plusieurs collision(s) peuvent avoir été altérées par les premiers intervenants, qu'ils fassent partie du corps policier, pompier ou médical (y.c. premiers secours).

¹ Avant l'intervention de tiers.

2.7.4. Voies de circulation et bande médiane [ISO 12353-1, 2002]

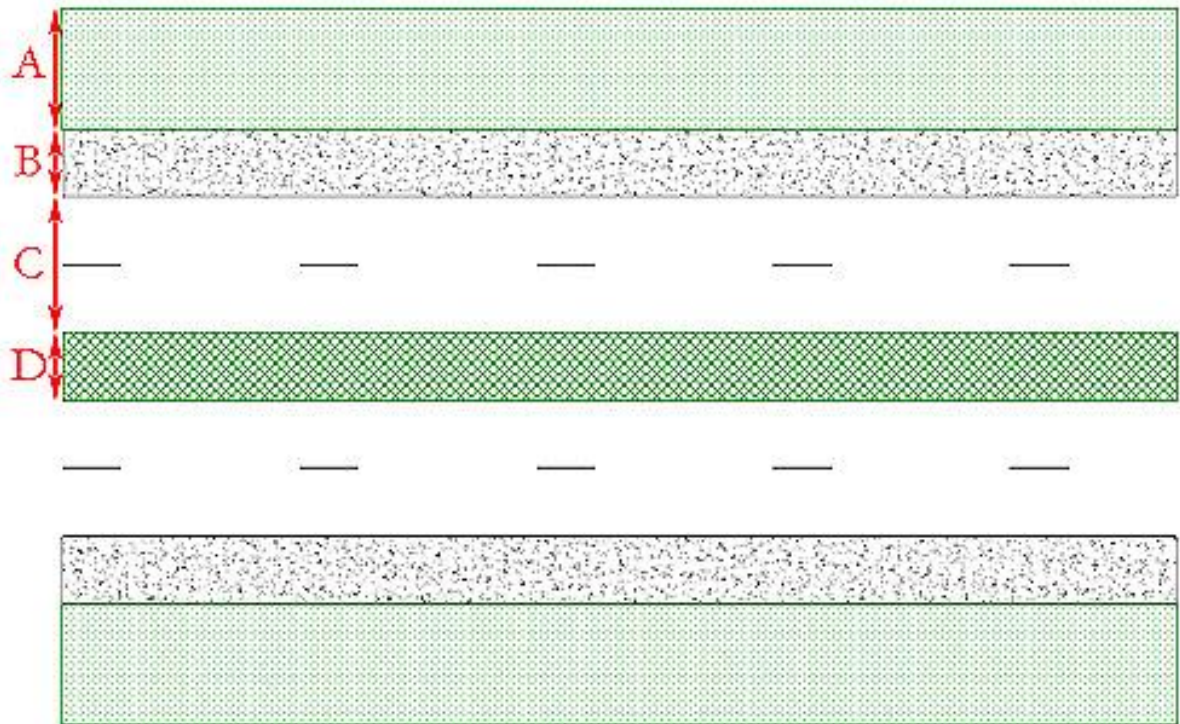


Figure 9 - Vue de dessus de deux voies de circulation.

A / Accotements :

Zone contiguë au bord extérieur de la route. Cette portion de voie de circulation est souvent difficile à modéliser ou à relever car elle est quelques fois très irrégulière.

B / Bande latérale d'arrêt :

Partie de la voie de la circulation contiguë à la chaussée et destinée aux urgences ainsi qu'aux véhicules routiers à l'arrêt (plus particulièrement en panne).

C / Chaussée :

Partie d'une voie de circulation conçue principalement pour la circulation des véhicules à moteur.

D / Bande médiane :

Zone séparant deux chaussées. Ce type d'infrastructure est typiquement utilisé dans le cadre de constructions autoroutières.

B + C / Route :

Totalité de la surface d'une voie ou d'une rue ouverte à la circulation publique.

A + B + C / Voie de circulation :

Toute voie terrestre ouverte au public, prévue pour le déplacement de personnes ou de biens d'un endroit à un autre.

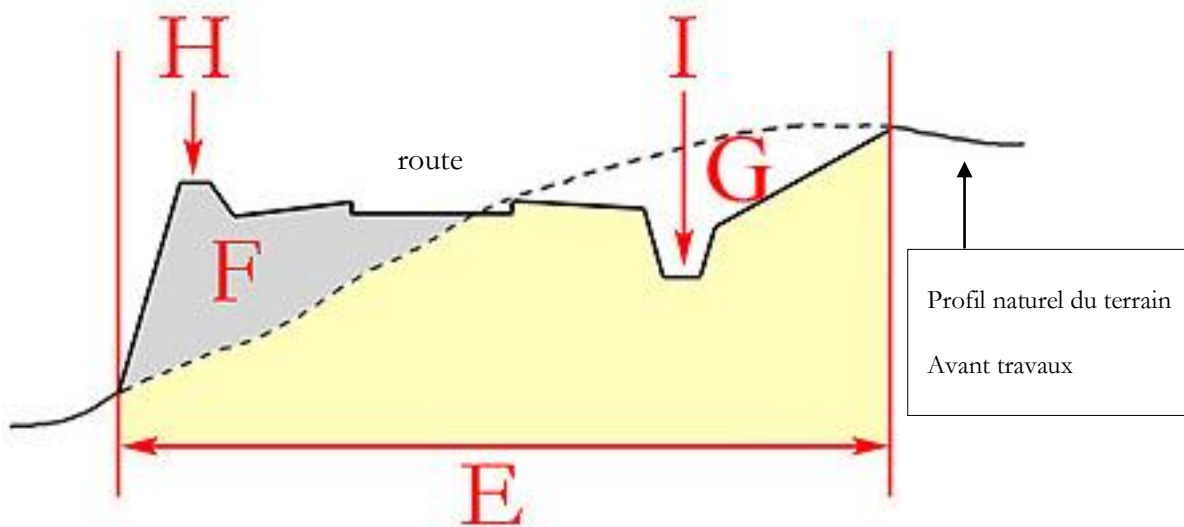
2.7.5. Profil en coupe [CLEREN, 1967]

Figure 10 – Coupe de terrain.

E / Assiette :

L'assiette est la surface du terrain réellement occupée par la route. Elle est limitée par l'intersection avec le terrain naturel, des talus de déblai et de remblai.

F / Profil en remblai :

Terme utilisé pour définir une assiette située au-dessus du niveau du sol antérieurement à la construction.

G / Profil en déblai :

Terme utilisé pour définir une assiette située au-dessous du niveau du sol antérieurement à la construction.

H / Banquette :

La banquette est une surélévation terrassée aménagée à la limite extérieure de l'accotement. Elle est parfois combinée avec une barrière de sécurité.

I / Fossé :

Les fossés sont des rigoles creusées dans le terrain principalement pour assurer l'écoulement des eaux polluées.

2.7.6. Dévers

Le dévers illustre l'inclinaison du sol que subit un véhicule de manière latérale. Le relevé de ce paramètre est particulièrement important pour les cas de perte d'adhérence en courbe où un dévers important peut justifier le sous/sur-virage d'un véhicule. Il va de soi qu'une légère inclinaison latérale peut tout à fait être négligée afin de simplifier les calculs. Cependant, puisque cette décision est susceptible d'apporter un biais dans les résultats, elle doit être mentionnée clairement dans les hypothèses de travail.

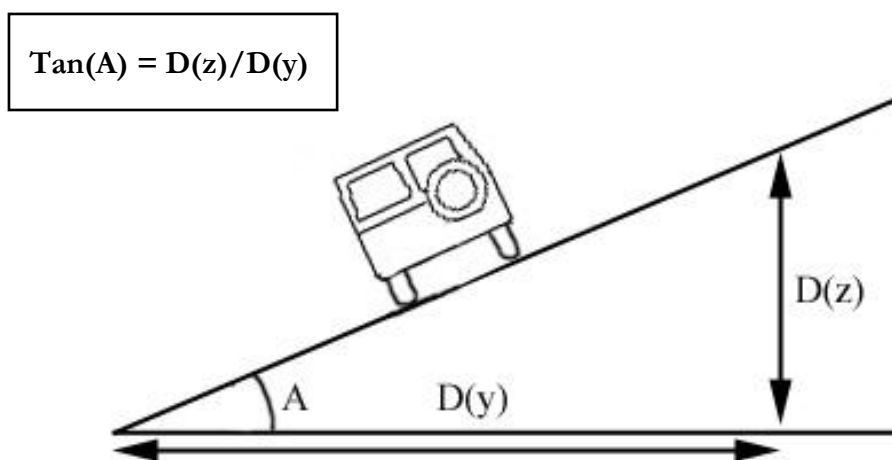


Figure 11 – Dévers.

2.7.7. Pente

Tout comme le dévers, la pente est un paramètre à prendre en compte ou tout au moins à évaluer dans le cadre d'une affaire d'accident. La capacité de freinage d'un véhicule dépend en effet fortement de la pente.

De surcroît, une forte pente négative implique un autre danger, en particulier pour les véhicules lourds¹. Dans le cadre de longues descentes, les poids lourds sont sujets à un gros risque

¹ Bus, camions, etc.

d'échauffement du système de freinage, pouvant entraver de manière considérable les forces de frottement entre les freins et les roues.

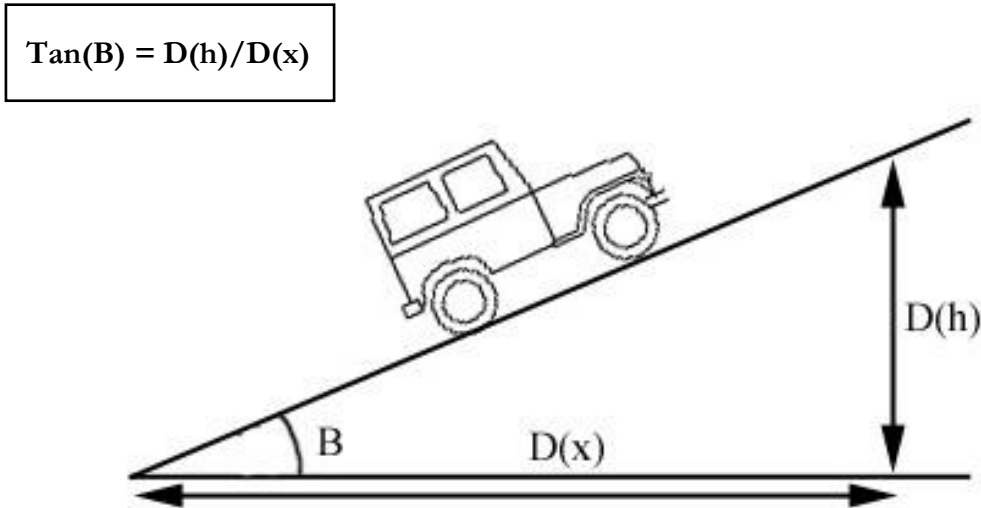


Figure 12 – Pente.

2.8. Croquis, plan de la situation

La récolte d'informations sur la configuration des lieux d'un accident est une étape très importante pour la suite de l'investigation. Si la confection d'un plan n'est pas toujours envisagée pour des raisons de temps, les mesures et la prise de note, permettant de réaliser un croquis complet et à l'échelle¹, restent un passage obligatoire lors de l'état des lieux.

Il sied de préciser que la confection d'un croquis doit uniquement être considérée comme une base de travail. Dans la plupart des cas, si une exploitation dynamique des traces est effectuée, un plan précis et à l'échelle s'avère nécessaire.

Certaines fois, il demeure envisageable de revenir ultérieurement sur la scène de l'accident afin de compléter un premier relevé lacunaire. Néanmoins, la configuration des lieux peut avoir été modifiée entre l'événement et la nouvelle prise d'informations, ne serait-ce qu'à cause de l'effacement du marquage au sol. Dans les cas extrêmes (gros travaux par exemple), les points fixes pris comme référentiels lors du premier croquis peuvent avoir été déplacés ou détruits.

Lors de la création d'un croquis ou d'un plan, le dévers et la pente de la route sont relevés (pour autant qu'ils ne soient pas considérés comme négligeables). Si nécessaire, le relevé topographique

¹ L'ensemble des mesures sont effectuées de manière à ce que l'échelle, fixée au préalable, soit respectée. Les trois dimensions du terrain sont prises en compte, dans la mesure du possible et si les circonstances de l'affaire le demandent. A noter qu'il existe des possibilités très intéressantes avec les systèmes photogrammétriques.

du terrain aux alentours de la chaussée¹ est décrit pour compléter la prise d'informations. Le type de surface rencontré est également important dans la mesure où il influence le coefficient de frottement et par conséquent le calcul des décélérations sur la base des traces de freinage. Ce dernier est donc précisé en prenant soin de détailler les observations. Il ne suffit pas de noter que la route est composée de bitume, par exemple. La description du type de bitume et l'appréciation subjective de l'observateur quant à son aspect peut s'avérer utile². Dans le même ordre d'idée, l'humidité, la température, la présence de gravillons, de boue, d'huile, de peinture de marquage³, de neige, de verglas ou encore de végétaux sont scrupuleusement notées. Les obstacles heurtés ou non sont également intéressants. La présence de haies, de poteaux, de panneaux de signalisation, d'arbres, de travaux, d'un fort trafic, ou de véhicules parkés peut induire une réduction du champ de vision d'un ou plusieurs protagoniste(s) de l'accident au même titre que la topographie du terrain (bosses, courbes, etc.) ou de mauvaises conditions météorologiques [YERPEZ & FERRANDEZ, 1986].

Une fois la route et l'environnement décrits, il va de soi que les positions exactes des véhicules et des corps (indemnes, blessés ou morts) sont recueillies. Leur position est reportée sur le croquis et/ou sur un plan. Il en va de même pour toutes traces présentes sur la scène de l'accident. L'ensemble de ces éléments sera repris de manière détaillée plus loin car chaque situation et chaque trace nécessite une prise en main différente.

2.9. Les principes de base de l'analyse dynamique d'accidents

Le but de ce sous-chapitre est d'exposer certaines notions ayant trait à la dynamique des accidents. Bien que la théorie exposée dans ce mémoire soit succincte, elle présente l'avantage de définir la logique de travail dans ce domaine. Il ne s'agit pas de fournir les bases pour effectuer une expertise en dynamique, mais plutôt de permettre d'effectuer des estimations basées sur des calculs simples, mais corrects, tels qu'ils ont pu être utilisés pour établir ce travail de thèse. Par la même occasion, la compréhension des méthodes de calcul permet d'orienter au mieux les recherches des premiers intervenants sur les lieux, puisque les paramètres requis sont connus.

¹ Bandes latérales, accotements et bande médiane.

² Rugosité, dégradations (chaussée bombée, affaissements, ...).

³ Peinture pour passages piétons par exemple. Le coefficient de frottement sur ce type de surface est nettement moins élevé par temps humide et pourrait expliquer une perte de maîtrise de la part d'un motard par exemple.

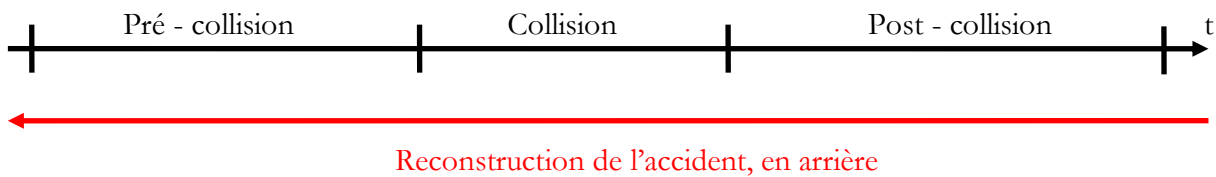


Figure 13 : Schéma symbolisant la remontée dans le temps nécessaire à la reconstruction d'un accident.

Comme le montre la Figure 13, la logique appliquée à la reconstruction cinématique d'un accident ne suit pas un axe temporel croissant. En arrivant sur une scène préservée de toute modification, les emplacements des véhicules et des corps (en cas d'accidents véhicule particulier – piéton) sont disponibles ou tout au moins connus et les phases de collision et de pré-collision sont quant à elles incertaines. Pour cette raison, il est nécessaire de débiter le travail à partir de la position finale des véhicules/corps et de remonter le temps.

La configuration des lieux et les traces laissées durant les phases précitées permettent dans la plupart des cas de déterminer la position des véhicules au moment de la phase de collision.

Lorsque ce travail de longue haleine arrive à terme, il est alors possible de déterminer les positions et les trajectoires des véhicules durant la phase de pré-collision. C'est uniquement à ce moment que les questions relatives aux vitesses initiales et aux réactions peuvent être abordées.

Finalement, l'étape finale consiste à effectuer une simulation "en avant", c'est-à-dire en suivant l'axe du temps, afin de vérifier les différents calculs, paramètres et estimations effectués.

2.9.1. Les temps morts

La question de la durée des temps morts, appelés également temps de réaction, est un problème récurrent dans le domaine des accidents de la circulation. La littérature en langue allemande est très variée et les durées de réaction mentionnées par les auteurs sont souvent très similaires [INDRA & DIEDERICHSEN, 1976 ; BURG & RAU, 1981 ; ENGELS, 1983 ; BURCKHARDT, 1985 ; LECHNER, 1986 ; HUGEMANN, 2005 ; BURG & MOSER, 2007 ; BAUMLER, 2007 (a et b) ; BAUMLER, 2008]. Bien que de nombreux auteurs apportent de légères modifications personnelles, notamment en fonction de la vitesse, de la situation, de l'âge ou de la visibilité, les trois phases mentionnées ci-dessous sont toujours représentées.

Phase psychophysique : comme son nom l'indique, cette phase contient l'ensemble des processus propres aux réflexes, à la direction du regard et à l'assimilation psychologique du conducteur.

Phase musculaire : lorsque le conducteur a détecté un danger potentiel et décidé de la manœuvre d'urgence à réaliser, il convient de compter un certain laps de temps durant lequel ses muscles vont entrer en fonction et actionner la pédale de frein ou le volant.

Phase mécanique : cette phase est propre à la mécanique du véhicule. Ce dernier ne réagit en effet pas immédiatement et un temps de latence est nécessaire.

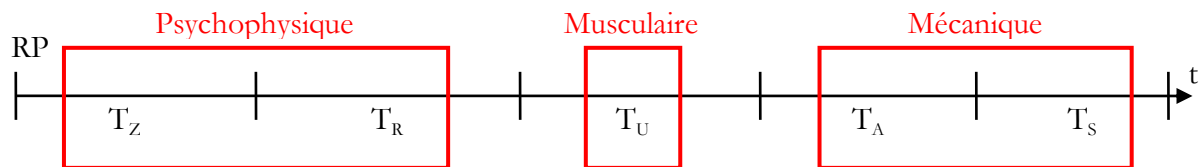


Figure 14 : Décomposition des temps morts établie selon le « Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion » [BURG & MOSER, 2007].

Définition des durées pour un freinage d'urgence de jour avec un véhicule particulier [BURCKHARDT, 1985 ; BURG & MOSER, 2007 ; GERSTER, 2007] :

Temps nécessaire à l'orientation du regard : $T_Z = 0.48s$

Dans le cas où le danger n'est pas en face du conducteur ($> 5^\circ$), un laps de temps additionnel de 0.13s (T_K) peut parfois être ajouté à la valeur ci-dessus afin de prendre en compte une étape de stabilisation du regard ¹.

Temps de base pour le réflexe : $T_R = 0.45s$

Si plusieurs possibilités s'offrent au conducteur, il est possible d'ajouter 0.25s (T_W) à la phase de réaction ¹.

Temps consacré au changement de pédale : $T_U = 0.19s$

Temps de réponse des freins : $T_A = 0.05s$

Selon LECHNER (1986), le temps de réaction du véhicule² est de l'ordre de 0.7 – 0.8s.

¹ Remarques tirées du cours dispensé par B. GERSTER du Dynamic Test Center, Vauffelin / Bienne (Suisse) et inspirées des discussions de l'assemblée des tribunaux de Goslar (Allemagne). Puisque ces juristes sont compétents dans le domaine des accidents et que leur travail repose sur des bases communément acceptées en Allemagne, les valeurs définies lors de cette assemblée sont également valables pour la Suisse [GERSTER, 2007].

² Temps de détection du conducteur + temps de reconnaissance du conducteur + temps de décision du conducteur + temps de réponse du conducteur + temps de réponse du véhicule.

Temps pour la montée en puissance du freinage¹ : $T_s = 0.2 - 0.4s$ [BURG & MOSER, 2007]

$T_s = 0.17s$ [BURCKHARDT, 1985]

$T_s = 0.1s - 0.43s$ [ENGELS, 1983]

$T_s = 0.3 - 0.5s$ [LECHNER, 1986]

L'ensemble des valeurs mentionnées est valable pour une majorité de personnes/véhicules, mais ces chiffres ne peuvent pas être appliqués sans un minimum de réflexion sur le cas. Certains auteurs préconisent par exemple d'abaisser le temps de base pour les réflexes lorsque le conducteur est prêt au freinage, de l'augmenter lorsqu'un accident a lieu de nuit ou encore d'accorder un laps de temps supplémentaire pour prendre en compte une réaction à un événement particulièrement choquant.

Relevons finalement que ces données concernent les temps minimums. Il est toutefois possible que le conducteur prenne plus de temps à réagir par exemple, sans pour autant qu'une faute puisse lui être imputée.

2.9.2. Les coefficients de frottement

La décélération moyenne d'un véhicule par adhérence est l'une des variables permettant de déterminer quelle vitesse a été perdue par un véhicule lors de certaines phases d'un accident de la circulation (freinage, dérive, dérapage ou autre²). Le coefficient de frottement est relié à la décélération par l'Équation 1 mentionnée ci-après.

$$F = ma = m\mu g$$

a = accélération [m/s²]
 μ = coefficient de frottement [sans unité]
 g = accélération de la gravité (9.81) [m/s²]
 F = force [N]
 m = masse [kg]

Équation 1 : Accélération en fonction du coefficient de frottement.

¹ Selon BURG et MOSER [2007], T_s est estimé à $0.2 - 0.5s$ pour un camion et $0.3 - 0.6s$ pour une moto.

² La définition exacte de ces termes est reprise au paragraphe 6.2 traitant spécifiquement des traces de pneumatique.

De la même manière que pour les temps morts, de nombreuses études ont été menées sur la problématique des coefficients de frottement. La publication de NOON [1994] a été choisie en guise d'illustration dans ce mémoire de thèse car elle est reprise de manière répétée dans les ouvrages de référence¹.

Type de sol	Coefficient de frottement [μ]
Sol glacé	0.1 – 0.15
Sol herbeux mouillé -> sec	0.2 – 0.5
Sol enneigé	0.2 – 0.25
Sol sale avec présence de graviers	0.35
Béton bitumineux mouillé	0.6
Béton bitumineux sec	0.75

Tableau 7 : Coefficients de frottement selon NOON [1994].

Les coefficients décrits dans le Tableau 7 ne sont pas suffisants pour correspondre à tous les cas de figure et il est souvent nécessaire de se référer à plusieurs études pour pouvoir déterminer quel coefficient de frottement correspond le mieux à la situation rencontrée² [INDRA, 1973 ; INDRA & DIEDERICHSEN, 1976 ; BURG & RAU, 1981 ; ZIPKES, 1983 ; BURG & MOSER, 2007]. Relevons finalement que l'utilisation des coefficients de frottement (μ) n'est pas uniquement réservée aux contacts pneumatiques-sol. La décélération d'un carénage de moto, d'une carcasse de véhicule ou d'un piéton ripant sur le sol par exemple peuvent également être calculés par ce biais. La difficulté réside dans le fait de trouver les bons coefficients et donc la bonne étude s'y référant [BURG & MOSER, 2007].

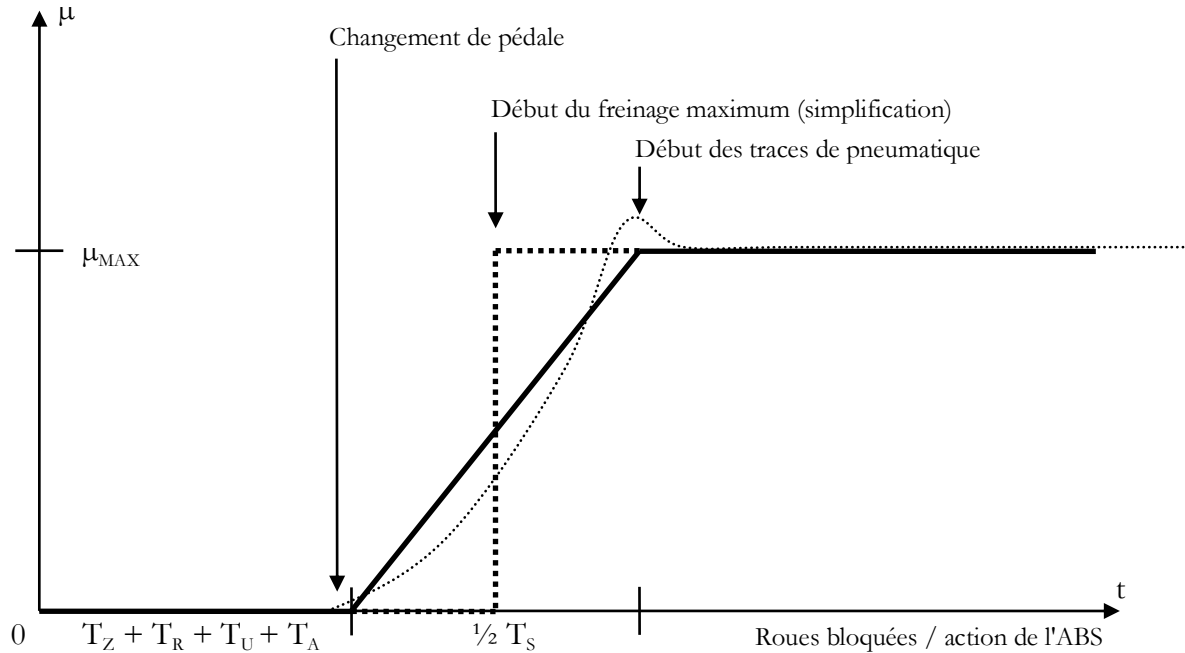
Dans la pratique, le coefficient de frottement maximum tel qu'il est décrit dans les articles susmentionnés ne s'applique pas dès le début de la pression exercée sur la pédale de frein. Ce coefficient s'accroît en effet en quelques dixièmes de seconde pour atteindre son apogée à la fin de la durée de montée en puissance du freinage (T_s). Ce n'est qu'au terme de cette phase que des traces de pneumatiques pourront apparaître sur le sol.

Comme le montre le Graphique 6 , cette courbe ascendante peut être simplifiée de manière plus ou moins grossière pour permettre d'effectuer des calculs de diminution de vitesse par adhérence.

¹ Ces valeurs sont également reprises dans le cours « Reconstruction Cinématique des Accidents Routiers » (RCAR), dispensé par le commandant. Jean-Philippe DEPRIESTER de l'IRCGN.

² Type de sol, longueur des traces de freinages, type de véhicule, présence d'ABS, etc.

Cette simplification suggère une montée linéaire de la décélération durant la phase ascendante de freinage, ce qui est équivalent pour le calcul.



Graphique 6 : Schéma de la montée en puissance du freinage inspiré selon BURG et MOSER [2007].

2.9.3. Les calculs de diminution de vitesse par frottement

Le phénomène de décélération d'un véhicule est extrêmement complexe et il est très difficile de le calculer en tenant compte de tous les paramètres (roulis, tangage, échauffement des pneumatiques, etc.). Ce type de modélisation demande donc des connaissances pointues en mathématiques et particulièrement en physique dans la gestion des multicorps¹. Fort heureusement, il est possible d'extrapoler un certain nombre de variables et il existe des calculs simplifiés qui permettent de déterminer avec satisfaction quelle vitesse a été perdue lors d'une phase de décélération. Ces formules sont en général accompagnées d'hypothèses de travail qui doivent être connues et mentionnées dans tout calcul. [BURG & RAU, 1981 ; ENGELS, 1983 ; LECHNER, 1986 ; BPA, 2001 ; BURG & MOSER, 2007 ; DEPRIESTER, 2004-2008]. Il est également clair qu'une marge d'erreur doit être prise en compte sur chaque valeur afin de s'assurer de la validité scientifique du résultat du calcul.

¹ Ce champ d'activité traite des forces régissant le comportement de différents corps juxtaposés et reliés.

$$V_2^2 - V_3^2 = 2\mu gD$$

V_2 = vitesse initiale [m/s]

V_3 = vitesse finale [m/s]

μ = coefficient de frottement [sans unité]

g = accélération de la gravité (9.81) [m/s²]

D = distance de décélération [m]

Équation 2 : Modélisation simplifiée de la décélération d'un véhicule par adhérence (1/3).

Pour pouvoir démontrer l'exactitude de l'Équation 2 et dans le but de pouvoir l'utiliser dans un cas de freinage de véhicule, il est nécessaire de poser un cadre de contraintes qui forment des hypothèses de travail. Ces hypothèses, au nombre de trois, sont exposées ci-dessous [DEPRIESTER, 2004-2008] :

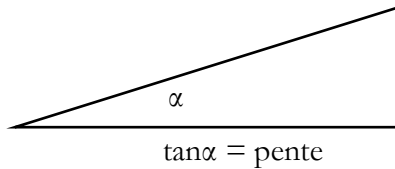
Hypothèse 1 : Les traces de pneumatique observées sur le sol et de longueur D sont des traces de dérapage (blocage des roues). Elles sont formées par glissement et arrachage de particules de pneus.

Hypothèse 2 : La pente de la scène d'accident est nulle (sol plan).

Hypothèse 3 : Le véhicule est considéré comme un point pesant. Dès lors, son centre de gravité est toujours positionné au même endroit sur sa carrosserie.

En cas de décélération en pente, l'Équation 2 n'est plus valable car l'hypothèse de travail numéro 2 n'est plus respectée. Dès lors, une autre équation prenant en compte la pente doit être utilisée (Équation 3).

$$V_2^2 - V_3^2 = 2g[(\mu + \tan\alpha)/\sqrt{(1 + \tan^2\alpha)}]D$$



V_2 = vitesse initiale [m/s]

V_3 = vitesse finale [m/s]

μ = coefficient de frottement [sans unité]

g = accélération de la gravité (9.81) [m/s²]

D = distance de décélération [m]

Équation 3 : Modélisation simplifiée de la décélération d'un véhicule par adhérence (2/3).

L'Équation 3 permet de calculer la décélération d'un véhicule par adhérence en pente. Elle respecte également des mêmes hypothèses de travail que l'Équation 2, mis à part en ce qui concerne l'hypothèse numéro 2. Cette dernière est toutefois remplacée par une quatrième hypothèse [DEPRIESTER, 2004-2008] :

Hypothèse 4 : L'angle α doit être supérieur à 0.

Les deux équations susmentionnées (Équation 2 et Équation 3) sont valables pour un seul coefficient de frottement et ne tiennent pas compte du fait que le véhicule décélère déjà durant la phase de montée en puissance du freinage (même si aucune trace de pneumatique n'est encore visible sur le sol : Cf. Graphique 6). Une dernière formule est donc proposée ci-dessous afin de tenter de palier à ces problèmes, tout en conservant un mode de calcul très simple. Les hypothèses de travail de l'Équation 2 sont applicables pour l'équation exposée ci-dessous [GERSTER, 2007 ; BURG & MOSER, 2007].

$$V_2 = \sqrt{(V_3^2 + 2\mu_1 g D_1 + 2\mu_2 g D_2 + \dots)} + \frac{1}{2}\mu_1 g T_s$$

V_2 = vitesse initiale [m/s]

V_3 = vitesse finale [m/s]

$\mu_{1,2,\dots}$ = coefficients de frottement [sans unité]

g = accélération de la gravité (9.81) [m/s²]

$D_{1,2,\dots}$ = distances de décélération [m]

T_s = montée en puissance du freinage [s]

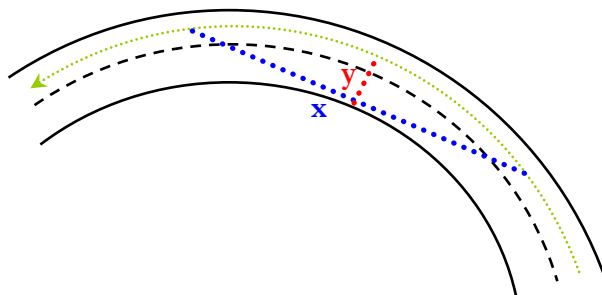
Équation 4 : Modélisation simplifiée de la décélération d'un véhicule par adhérence (3/3).

2.9.4. Les courbes

Lorsqu'un accident de la circulation a lieu sur une route sinueuse, il peut être très intéressant de déterminer jusqu'à quelles vitesses certains virages peuvent être franchis. Deux variables doivent être prises en compte pour ce calcul : le rayon de la courbe et l'accélération transversale maximale que le véhicule peut supporter sans perdre l'adhérence au sol.

2.9.4.1. La mesure du rayon

Bien que le rayon d'une courbe soit très facile à mesurer sur un plan ou sur un écran d'ordinateur, ce n'est pas forcément le cas lors de l'état des lieux d'une scène d'accident. En effet, les distances séparant les points à mesurer sont très grandes et le centre du cercle n'est que très rarement accessible. Dans la pratique, afin de déterminer avec précision le rayon d'une courbe ou plutôt de l'arc de cercle qui la compose, certains relevés (x et y) sont effectués directement sur le sol (Figure 15). A noter que la mesure « y » est la distance orthogonale la plus grande entre le segment « x » et l'arc de cercle mesuré.



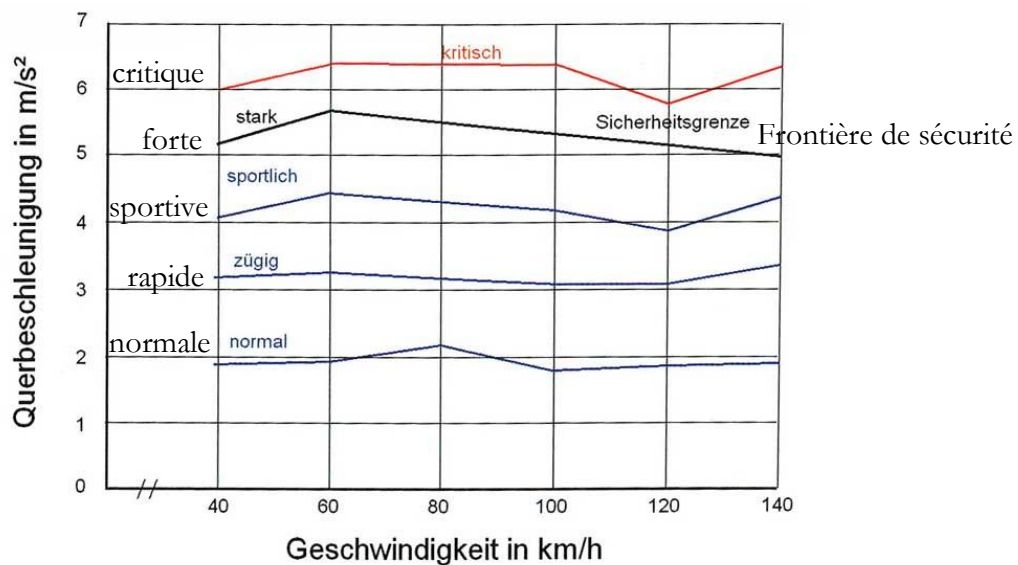
$$\text{Rayon de la courbe} = (x^2 + 4y^2)/8y$$

Figure 15 : Mesure du rayon d'une courbe lors de l'état des lieux d'un accident de la route.

2.9.4.2. Accélération transversale et vitesse

L'accélération transversale subie par un véhicule particulier en courbe sur route sèche a été estimée par BURG et MOSER [2007] dans le Graphique 7 en fonction de la vitesse. Comme le montre ce graphique, cette accélération est jugée critique aux environs de 6 à 6.5 [m/s²].

Lors d'un virage au cours duquel un conducteur atteint cette accélération, il devient très délicat de garder le contrôle de son véhicule¹. A partir de cette valeur, la moindre erreur, telle qu'un freinage en courbe devient fatale.



Graphique 7 : Accélérations transversales estimées et citées du livre « Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion » [BURG & MOSER, 2007].

Il est possible de calculer la vitesse qu'un véhicule peut atteindre pour une accélération transversale² et un rayon donnés. La fonction permettant de jouer sur l'une ou l'autre de ces variables est décrite dans l'Équation 5. A noter que la vitesse maximale est définie par la friction maximale qui est à disposition dans la courbe (sans accélération ou décélération transversale).

¹ Bien que des accélérations transversales plus élevées puissent être observées en laboratoire pour un pneumatique isolé, elles ne sont pas applicables pour un « véhicule particulier » dans son entier à cause principalement de son centre de gravité surélevé.

² Et donc un style de conduite : calme, sportif, critique, etc.

$$F = ma_T = m\mu g = mV^2/R$$

$$a_{T \text{ (MAX)}} = \mu g = V^2/R$$

Où

$$\mu_{\text{ (MIN)}} = V^2/Rg$$

a_T = accélération transversale (Cf. Graphique 7 [m/s²])

V = vitesse atteinte par le véhicule particulier [m/s]

R = rayon de la courbe [m]

F = force [N]

m = masse [kg]

μ = coefficient de frottement [sans unité]

g = accélération de la gravité (9.81) [m/s²]

Équation 5 : Relation entre accélération transversale, rayon et vitesse.

2.9.5. Diagrammes chemin-temps

Le principe des diagrammes chemin – temps est de faire figurer sur le même graphique une courbe pour chaque corps impliqué dans l'accident (véhicule ou piéton). Le centre du graphique (0 ; 0) est en général fixé comme étant les coordonnées du point de collision.

Le but des diagrammes chemin - temps est principalement d'observer visuellement si un évitement spatial¹ ou un évitement temporel² aurait été réalisé en cas de respect des limitations de vitesse. Ces diagrammes permettent également de s'apercevoir de l'angle de vision d'un protagoniste au moment de son point de réaction. Pour ce faire, ils doivent être dessinés à même le plan de la situation.

¹ Dans le cadre des calculs d'évitement spatial, la question suivante se pose : « en cas de respect de la limitation de vitesse, le conducteur d'un véhicule aurait-il réussi à s'arrêter sur une distance plus courte, lui permettant de ne pas atteindre le piéton traversant la route ? ». Si la distance entre le point de réaction et la zone de choc est suffisante pour que le véhicule atteigne une vitesse nulle (freinage d'urgence), on considère alors qu'un évitement spatial était possible.

² En règle générale, les calculs d'évitement temporel sont effectués dans la mesure où, malgré le respect de la vitesse autorisée, aucun évitement spatial n'aurait été possible. Ce cas de figure arrive lorsque le danger est perçu très tard pour des raisons de visibilité par exemple. Bien que le véhicule A atteigne ou dépasse la zone de collision puisqu'aucun évitement spatial n'est réalisé, il est possible qu'aucun choc ne se produise avec le piéton. En effet, la diminution de vitesse du véhicule A laisse parfois suffisamment de temps au piéton pour que ce dernier atteigne l'autre côté de la route ou ne soit plus dans le prolongement direct du mouvement du véhicule (région de collision). La question suivante doit alors être résolue : « en cas de respect de la limitation de vitesse par le conducteur du véhicule A, est-ce que le piéton aurait eu le temps de se mettre hors de la zone de danger potentielle avant l'arrivée du véhicule ? ». Il va de soi que cette question n'a de sens que dans la mesure où le piéton est en mouvement.

La Figure 16 décrit une situation impliquant deux véhicules sur une intersection. Le véhicule B coupe la priorité au véhicule A, mais ce dernier roule avec une vitesse supérieure aux limitations légales. Le véhicule B, contrairement au véhicule A, ne s'aperçoit pas du danger et conserve une vitesse constante tout au long de l'accident (hypothèse de travail). Le Graphique 8 reprend cette situation sous forme de diagramme chemin - temps. Les courbes bleues et rouges sont calculées de manière à refléter les mouvements des deux véhicules impliqués. La courbe verte quant à elle est un artefact permettant de visualiser les déplacements, positions et vitesses du véhicule A si ce dernier avait respecté les limitations.

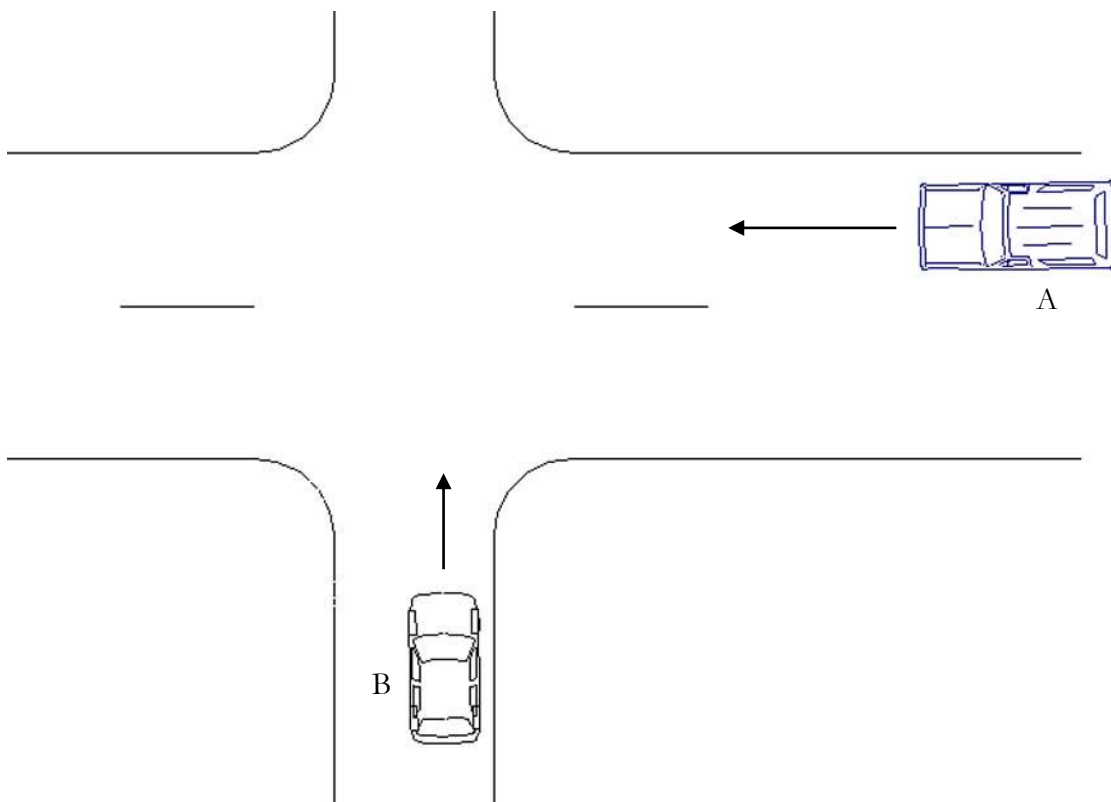
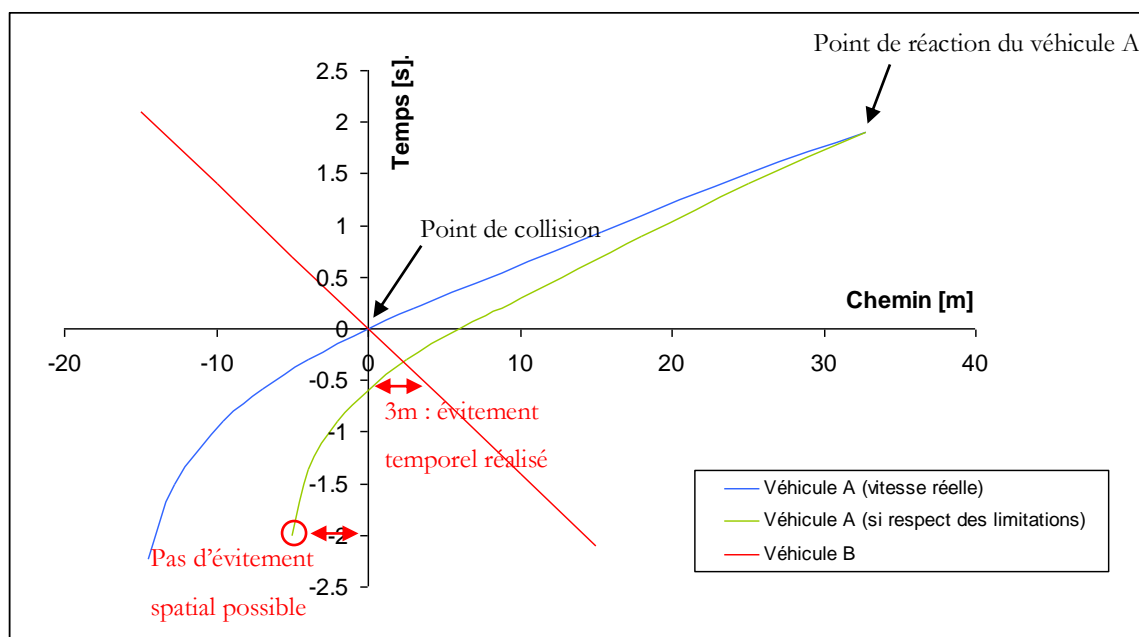


Figure 16 : Schéma de l'intersection. Le véhicule B s'apprête à couper la priorité au véhicule A.



Graphique 8 : Diagramme chemin – temps exprimant la situation exposée dans la Figure 16¹.

La courbe verte, calculée dans le Graphique 8, permet d'affirmer que même si le véhicule A avait respecté les limitations de vitesse, aucun évitement spatial n'aurait été possible. En effet la distance nécessaire à l'arrêt total du véhicule aurait tout de même été supérieure à la distance réellement disponible.

L'analyse du Graphique 8 permet également d'évaluer les possibilités d'évitement temporel. Si le véhicule A avait respecté la vitesse autorisée, le laps de temps supplémentaire accordé au véhicule B pour franchir l'intersection lui aurait permis de parcourir 3 mètres de plus. Cette distance aurait pu être suffisante pour qu'il sorte de la zone de danger potentiel (région de collision). Par conséquent, un évitement temporel aurait probablement été réalisé avec succès [BURG & RAU, 1981 ; BURG & MOSER, 2007].

2.9.6. La modélisation d'une collision

Il existe plusieurs méthodes permettant de modéliser une collision et les techniques utilisées sont souvent complémentaires. Toutefois, elles dépendent fortement du type de collision. La perte d'énergie cinétique et les déformations qui résultent de l'impact sont en effet très différentes en cas de frottement latéral ou lors d'un choc frontal.

¹ Explications tirées du cours dispensé par B. GERSTER du Dynamic Test Center, Vauffelin / Bienne (Suisse).

2.9.6.1. Classification de la collision [ISO 6813, 1998]

La première étape de la reconstruction d'une phase de collision consiste à déterminer le type de contact qui a eu lieu entre les deux véhicules. Cette classification est primordiale afin de savoir quel théorème ou calcul peut être mis en œuvre. Les quatre images représentées dans ce sous-chapitre décrivent les différentes possibilités¹.

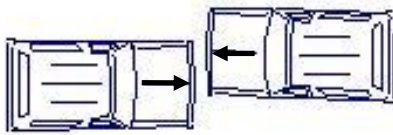


Figure 17 : Collision frontale.

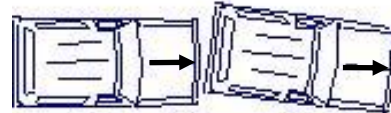


Figure 18 : Collision arrière.

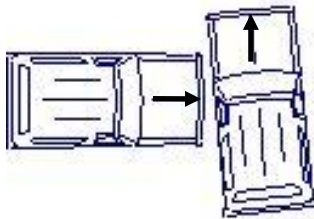


Figure 19 : Collision latérale.

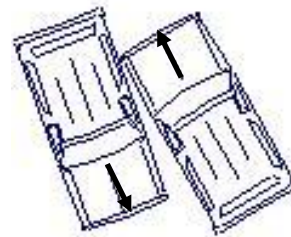


Figure 20 : Frottement latéral.

Les chocs frontaux et arrière présentent les mêmes caractéristiques. Tous deux induisent en général une grande énergie de déformation et des angles plats (entrée et sortie de collision). A la différence des collisions frontales et arrières, les frottements latéraux (angles aigus) ne produisent en général pas énormément de déformations et ne modifient pas grandement les vitesses et les trajectoires des véhicules impliqués. Finalement, les collisions latérales comportent de grands angles d'entrée et de sortie de choc ($\sim 90^\circ$).

Dans la mesure où le type de collision influence le type de dommage, des déformations différentes sont visibles sur les carrosseries des véhicules impliqués. De plus, les quatre situations exposées ci-dessus impliquent une distribution de traces différente. Si les collisions frontales,

¹ Ces schémas de collisions correspondent à des définitions ISO tirées du cours dispensé à l'IPS/UNIL par le Commandant Jean-Philippe DEPRIESTER de l'IRCGN [DEPRIESTER, 2004-2008].

arrières et latérales induisent un transfert de fragments et d'éclats, les frottements latéraux, quant à eux, sont plus propices aux transferts de traces glissées.

Plusieurs modèles mathématiques sont disponibles pour modéliser une phase de collision. Parmi eux, il est possible de citer le théorème de la quantité de mouvement¹, les moments cinétiques et l'application des EES². Aucun développement de ces modèles n'est cependant exposé dans ce rapport dans la mesure où ce genre d'information sort du cadre de cette thèse et n'a pas été utilisé dans la pratique. Il en est de même pour les collisions impliquant un piéton [RAVANI *et al*, 1981; TOOR & ARASZEWSKI, 2003 ; Site WEB 6 ; RAU *et al*, 2000 ; HORISBERGER, 2006 ; BUCK, 2009 ; SCHRAG & BOLLMANN, 2009] ou un véhicule à deux roues [BURG & MOSER, 2007], qui composeraient à elles seules des ouvrages entiers.

2.9.7. Remarques

La première partie de l'introduction de ce travail de thèse apporte un aperçu de l'énorme envergure du domaine de la reconstruction cinématique d'un accident routier. La littérature scientifique est en effet très abondante sur le sujet et seule une petite partie de la théorie existante a été rappelée dans cet ouvrage. Une étape de tri a été jugée nécessaire afin de rapporter les méthodes considérées comme essentielles pour une reconstruction certes basique, mais néanmoins efficace.

Il sied également de relever que les équations permettant de modéliser une phase précise d'un accident sont multiples et que chacune d'elle semble unique à premier abord pour une personne non initiée. Il est en effet possible de démontrer par le biais de démonstrations mathématiques que les bases de ces formules (modèles mathématiques et hypothèses de travail) sont bien souvent communes. En effet, les différences constatées proviennent fréquemment du remplacement d'une ou de plusieurs variable/s par une valeur obtenue par l'expérience ou lors de tests expérimentaux. Ces substitutions peuvent s'avérer très utiles, mais rendent certaines fois l'origine de la formule difficile à reconnaître.

¹ Le théorème de la quantité de mouvement peut être appliqué aux accidents de la circulation de différentes manières. Une des façons les plus simples pour mettre en œuvre cette technique consiste à l'appliquer sous forme d'un graphique [BURG & RAU, 1981 ; GERSTER, 2007]. Toutefois, l'utilisation de cette méthode nécessite la connaissance des masses des véhicules impliqués ainsi que leur vitesse et direction en sortie de collision.

² Une valeur d'EES correspond à une vitesse calculée en km/h et associée à la déformation d'un véhicule projeté contre un obstacle fixe et indéformable ou considéré comme tel. Après la collision, l'énergie cinétique du véhicule doit s'être entièrement transformée en énergie de déformation. Le recul du véhicule doit donc être négligeable. Ces banques de données peuvent être acquises dans le commerce notamment grâce aux travaux du Dr Melegh (CD-Rom) et aux programmes d'aide à la reconstruction tels que PC-Crash® par exemple.

2.10. Les principes de base de l'exploitation des traces / microtraces

Le relevé des traces dans les accidents de la circulation constitue une étape incontournable de tout le processus d'investigation. Les zones de recherches, les moyens de prélèvements et le potentiel des traces recueillies sont des informations essentielles, dans la mesure où leur connaissance permet de mieux cibler les démarches techniques / forensiques sur les lieux. Ce sont donc des données qu'il convient de connaître avant de débiter la fixation de l'état des lieux d'un accident et son investigation.

Les traces de pneumatiques, les traces biologiques, les déformations, le verre, la peinture ou encore les fibres font partie des traces qu'il est fréquent de retrouver sur de tels lieux. Dans la mesure où la recherche et le prélèvement de ces éléments font partie intégrante du travail des premiers intervenants, l'optimisation de ces techniques a été intégrée dans le cadre de la partie pratique de cette thèse. Selon l'Institut Suisse de Police [MARGOT & LENNARD, 1991 ; ISP, 2006], la trace se définit comme suit :

« Marque, signal ou objet, la trace est un signe apparent ou latent, vestige d'une présence ou d'une action à l'endroit de cette dernière »

A noter qu'à aucun moment, il n'est mentionné que la trace est un objet matériel. Elle peut se présenter comme une déformation, une odeur, un enlèvement de matière ou une simple observation. Dès lors, la liste des possibilités d'investigations est très longue.

Le principe de Locard [1920] constitue l'un des fondements de la police scientifique. Dans ce dernier, Locard mentionne un malfaiteur ainsi que des traces laissées et emportées lors de son passage. Dans la mesure où un accident de la circulation peut en tout point être associé à une scène de crime, il va de soi que ce principe y est également applicable :

« Nul ne peut agir avec l'intensité que suppose l'action criminelle sans laisser des marques multiples de son passage, tantôt le malfaiteur a laissé sur les lieux des marques de son activité, tantôt, par une action inverse, il a emporté sur son corps ou sur ses vêtements les indices de son séjour ou de son geste »

Les applications du principe de Locard sont multiples en accidentologie et concernent les interactions véhicules – véhicules, mais également les contacts à l'intérieur de l'habitacle (conducteur – ceinture de sécurité par exemple) et les interactions véhicules – environnement

(route et obstacles). Ce postulat ainsi que la précédente définition d'une trace [MARGOT & LENNARD, 1991 ; ISP, 2006] abordent tous deux la question des prélèvements systématiques "à l'aveugle" pour les cas où la trace est latente. Ils sous-entendent donc qu'un prélèvement systématique doit être effectué sur les zones de contact présumées.

En ce qui concerne la taille des éléments recherchés, elle peut considérablement varier. Il est possible de retrouver des vestiges dont la taille se situe entre quelques microns et plusieurs dizaines de centimètres. Dans les cas extrêmes, la plaque minéralogique d'un véhicule en fuite peut même être retrouvée sur les lieux après avoir été arrachée à la suite d'un choc violent.

De plus, la notion très importante de transfert croisé découle directement du principe de Locard. Cette notion signifie une recherche de traces en deux étapes. Premièrement, il s'agit de collecter sur un corps A, des traces provenant potentiellement d'un corps B (traces transférées de B à A), tout en assurant le prélèvement d'un échantillon du matériel du corps B pour comparaison. La deuxième étape consiste à effectuer l'inverse : c'est-à-dire, à rechercher des traces laissées par A sur B et à prélever du matériel de référence de A. Cette notion de transfert croisé doit toujours être gardée en tête dans la mesure où elle permet d'augmenter fortement la probabilité de la réalité d'un contact entre deux objets.

Comme le démontre la citation suivante, la récolte des traces n'est qu'une partie du travail de l'investigateur. En effet, l'étape suivante consiste à interpréter une trace pour pouvoir l'exploiter, transformant cette dernière en indice [MARGOT & LENNARD, 1991].

« La trace devient un indice lorsqu'elle est exploitée à des fins d'enquête »

L'interprétation d'une trace passe impérativement par la connaissance des différents niveaux de propositions utilisés [CHAMPOD & TARONI, 1999 ; EVETT *et al.*, 2000]. Ces derniers peuvent être regroupés en trois parties : source, activité et délit. Seuls les deux premiers niveaux sont décrits ci-dessous dans la mesure où le niveau "délit" est de la responsabilité des juges. Il s'agit d'une étape qui ne doit pas être franchie par l'investigateur et qui concerne la culpabilité ou la responsabilité à proprement dite, des différents acteurs mis en cause.

Le niveau "source" dépend uniquement des caractéristiques physiques et des mesures faites sur les échantillons de contrôle et les traces indiciaires. Il s'agit du niveau qui requiert le moins d'informations circonstancielles car le processus ne vise qu'à identifier une source et non de s'exprimer sur la raison de la présence de la trace. Souvent la question peut se résumer à la détermination de la fréquence de cette source dans une population. Deux hypothèses sont exposées ci-dessous en guise d'exemple :

H1 (source) : la trace de peinture rouge, prélevée sur le corps de Mme Y provient du véhicule X.

H2 (source) : la trace de peinture rouge, prélevée sur le corps de Mme Y ne provient pas du véhicule X, mais d'un autre véhicule.

Le niveau "activité" quant à lui, requiert des données sur les deux paramètres supplémentaires suivants : le transfert de la trace et sa persistance. Les hypothèses d'intérêt dépendent donc toujours des observations et des analyses effectuées, mais elles doivent également inclure une notion d'action. Il convient alors d'évaluer également l'importance de l'absence de matériel. Voici un exemple de nos deux propositions H1 et H2, formulées au niveau de l'activité :

H1 (activité) : Mme Y a été heurtée par le véhicule X.

H2 (activité) : Mme Y n'a pas été heurtée par le véhicule X, mais par un autre véhicule.

Après avoir exposé brièvement ces niveaux d'analyse et d'interprétation, il est clair qu'un nombre important de situations peuvent être rencontrées et gérées dans le domaine des accidents, grâce à l'apport de l'analyse des traces transférées lors des contacts. L'établissement des points de contact, la mise en évidence des séquences d'impact entre plusieurs véhicules et le positionnement relatif de deux corps lors d'un impact en font partie.

La présente recherche a pour but de démontrer l'importance, en particulier - car souvent négligée, des microtraces et de l'analyse dynamique des accidents. Les chapitres suivants présenteront donc certains traits de ces deux grands domaines, tout en gardant comme fil rouge la synergie entre ces deux aspects d'une démarche qui visent à comprendre le déroulement d'un accident et les avantages qu'une telle mise en commun peut apporter. Le recueil des différentes traces rencontrées, étant autant le fruit d'une recherche pratique que de l'expérience de l'auteur, il a été décidé de ne pas l'exposer au sein de cette introduction. Le Chapitre 6 reprend donc une partie importante de la théorie relative aux traces, mais apporte également un grand nombre de précisions sur les méthodes de recherche, le prélèvement et l'exploitation de ces traces.

3. MORPHOLOGIE D'UNE TRACE

Ce 3^{ème} chapitre traite de la problématique des traces de transfert de matière¹. La ligne directrice de ce chapitre est de définir, dans quelles situations, il est possible d'établir si une trace est d'origine automobile ou non et s'il est possible d'établir une systématique en ce qui concerne ces investigations.

La mise en place d'une méthodologie de travail permettant d'améliorer les investigations sur la nature d'une trace passe obligatoirement par la création d'une séquence d'examens dont chaque stade doit être étudié avec soin. Pour cette raison, les 3 sous-chapitres exposés ci-dessous reprennent chacun une problématique essentielle :

- Positionnement de la trace et déformations (3.2.1) ;
- Aspect macro/microscopique (3.2.2) ;
- Examens analytiques (3.2.3).

Avant toute chose, il sied de préciser que les analyses spectrométriques effectuées au cours de ce chapitre ont été produites par Mme Virginie Favre, laborantine à l'IPS, au sein du groupe microtraces. L'auteur de cette recherche tient particulièrement à la remercier au cours de ces quelques lignes pour son aide très précieuse.

3.1. Matériel et méthodes d'acquisition

Dans le but d'étudier les trois points mentionnés ci-dessus, les méthodes d'acquisition du matériel et des données ont du être définies. Tout d'abord et en ce qui concerne les déformations de la carrosserie, l'aspect de la trace et sa position sur le support, des photographies sont réalisées de manière orthogonale et avec une règle. De cette manière, la taille de la trace et de la déformation associée sont connues, de même que leur hauteur sur le véhicule accidenté.

En ce qui concerne les traces examinées de manière macroscopique ou microscopique, ces dernières sont prélevées à l'aide d'un scotch de type « police » et collées sur une feuille d'acétate transparente. Cette manière de faire garantit d'excellentes possibilités d'observations (transmission, réflexion, fond blanc et fond noir).

¹ Principalement les peintures et les plastiques.

Finalement, les examens analytiques effectués dans le cadre de ce chapitre ont été réalisés sur du matériel prélevé à l'aide d'un scalpel. Les matériaux relativement tendres tels que les plastiques et les scotchs ont été découpés. Lorsqu'une bonne collecte de peinture ou de plastique n'a pas pu être obtenue par découpage, la méthode par grattage a été employée. C'est le cas principalement pour les supports métalliques ou en béton peints par exemple.

3.1.1. Collecte des traces pour les sous-chapitres 3.2.2 et 3.2.3

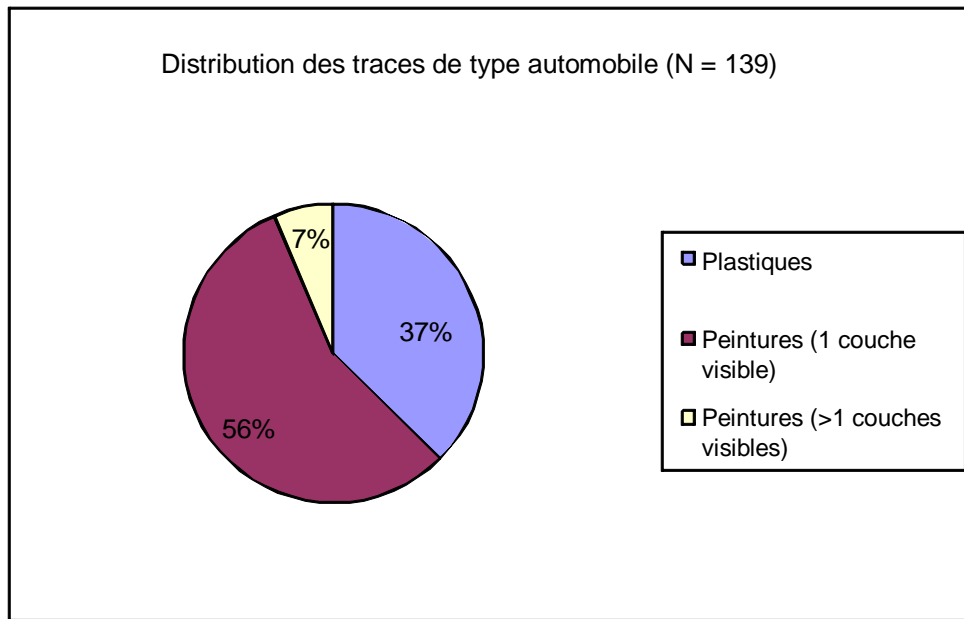
La collecte des éléments à exploiter dans le cadre de ce chapitre a été réalisée en trois phases principales. Premièrement, une collecte de traces glissées, d'origine automobile a dû être confectionnée. Dans un deuxième temps, des traces glissées ne provenant pas d'une source automobile ont été rassemblées. Finalement, des échantillons de peinture et de plastiques de source non automobile (parkings et infrastructures cantonales) ont été prélevés¹. Les deux premières séries de spécimens ont été recueillies afin d'optimiser les examens macro/microscopiques (3.1.1.1, 3.1.1.2 et 3.1.1.3). La troisième série d'échantillons quant à elle, a été récoltée dans un but purement analytique (3.1.1.4).

3.1.1.1. Traces glissées d'origine automobile

Toute la problématique à ce stade de la recherche a été de s'assurer que la collecte effectuée ne contenait que des peintures ou éléments de provenance automobile. Après avoir étudié diverses possibilités et afin d'obtenir le plus grand nombre de traces possible, il a été décidé de procéder à des prélèvements sur les poteaux et murs des nombreux parkings souterrains neuchâtelois. Cette méthode a pour avantage l'assurance quasi certaine de la provenance automobile de la trace. Au total près de 140 traces ont été prélevées par ce biais.

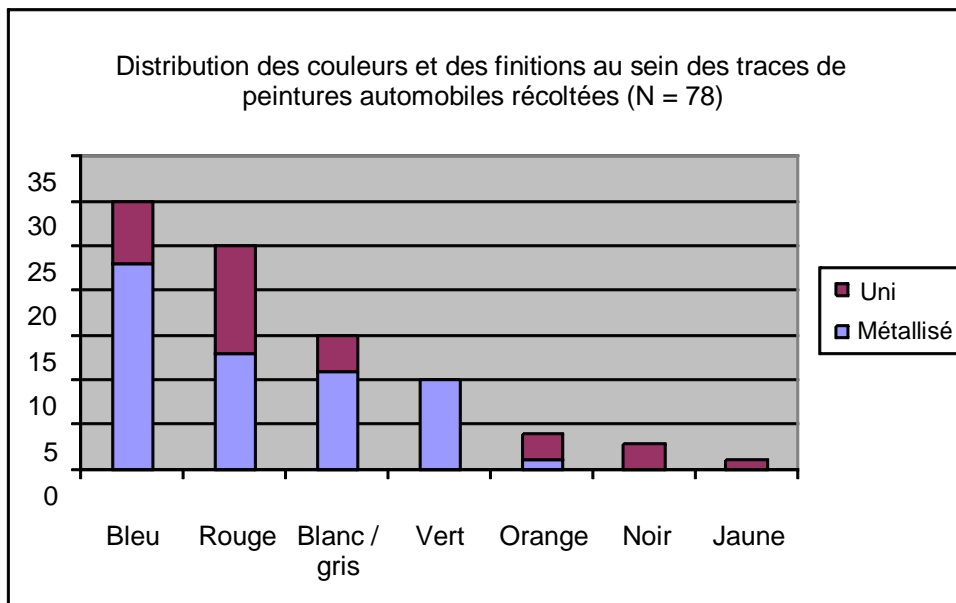
Comme le montre le Graphique 9 ci-dessous, les spécimens sont composés de polymères plastiques (37%) et de peintures (63%). Dans 7% des cas, de multiples couches sont visibles lors des examens macroscopiques. Ce faible pourcentage est principalement dû au fait que les chocs dans les parkings souterrains sont très souvent de faible intensité.

¹ Matériel entrant dans la composition des parkings et des infrastructures cantonales : peintures des revêtements et supports plastiques.

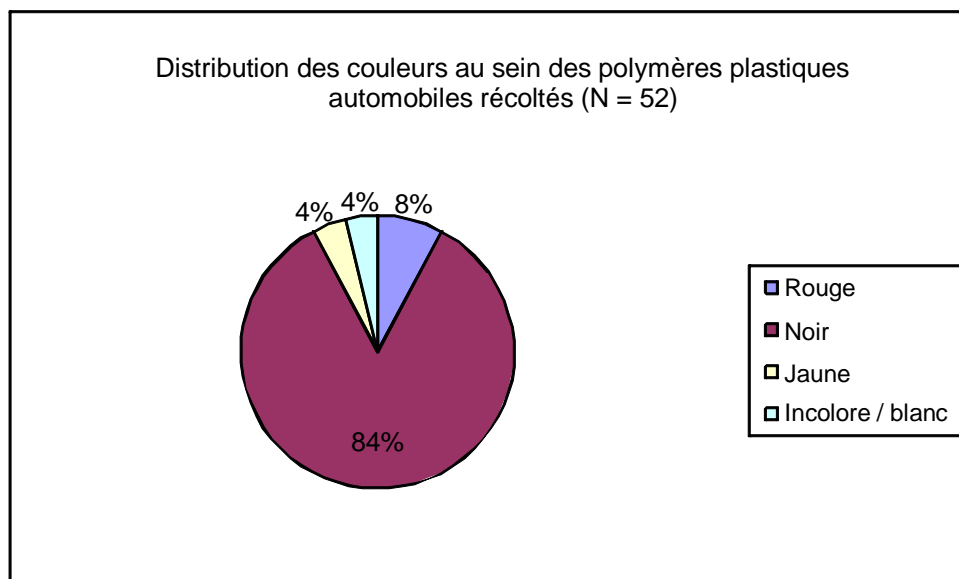


Graphique 9 : Distribution des traces de type automobile récoltés.

Le Graphique 10 expose la distribution des couleurs et des finitions (unies ou métallisées) pour les traces de peintures récoltées. Le Graphique 11 quant à lui, fait état de la diversité des couleurs rencontrées pour les traces de polymères plastiques. Il est intéressant de constater que l'ensemble de ces résultats correspond globalement aux observations de RANZI [2003]. Une nette différence est cependant observée en ce qui concerne les polymères plastiques noirs. La très forte proportion de ces polymères, constatée au sein du Graphique 11, est principalement due au choix du lieu de prélèvement. En effet, il est normal que les traces de pare-chocs (polymères plastiques noirs principalement) soient majoritaires sur les murs et les poteaux des parkings souterrains.



Graphique 10 : Distribution des couleurs et des finitions au sein des traces de peintures automobiles.

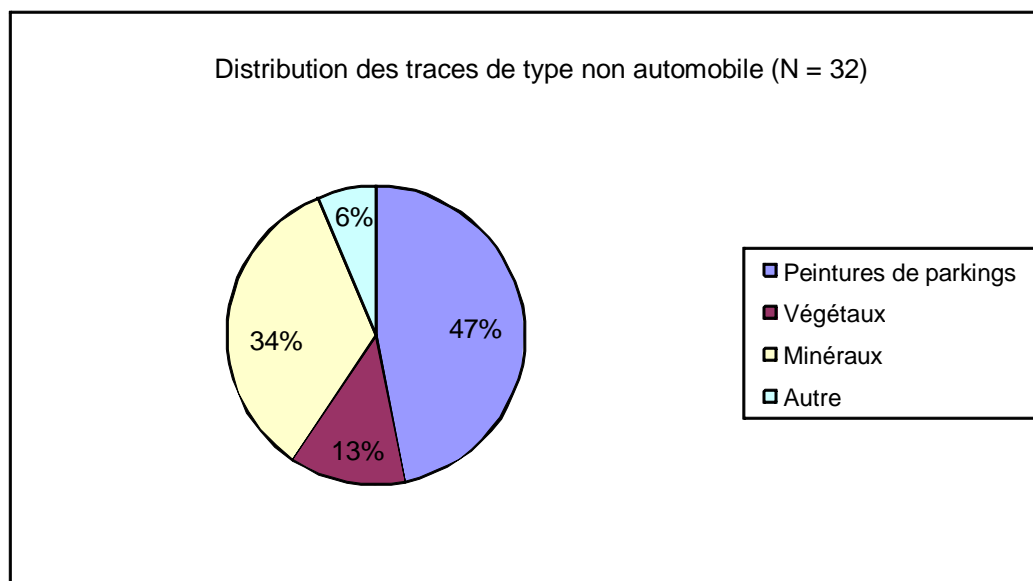


Graphique 11 : Distribution des couleurs au sein des polymères plastiques automobiles.

3.1.1.2. Traces glissées de source non automobile

En ce qui concerne les traces de source non automobile, il a été beaucoup plus difficile de procéder à une collecte dans la mesure où il existe toujours une inconnue concernant l'origine d'une trace présente sur la carrosserie d'un véhicule. Dès lors un e-mail a été envoyé à l'ensemble des collaborateurs de la Police Neuchâteloise en date du 07 mai 2009. Les personnes dont le véhicule comportait une trace d'origine non automobile et dont la nature était connue ont été

invitées à prendre contact avec le soussigné pour un prélèvement au scotch « police ». Le Graphique 12 expose la composition de cette collecte.



Graphique 12 : Distribution des traces de type non automobile.

3.1.1.3. *Traces glissées provenant de cas réels*

La collecte constituée des prélèvements décrits ci-dessus a, par la suite, été étoffée grâce à divers prélèvements réalisés lors de cas réels. Dans ce cas également, seules les traces dont l'origine était connue ont été recueillies et exploitées.

Finalement, d'autres traces prélevées au scotch et transmises par certaines assurances ont également fait l'objet d'une observation. La nature de ces traces quant à elle est plus incertaine.

A noter qu'aucune statistique n'a été effectuée sur cette série de spécimens. En effet, ces quelques traces ont été recueillies en faible quantité et uniquement à titre illustratif.

3.1.1.4. *Peintures, revêtements et supports de parkings et d'infrastructures cantonales*

Afin d'étudier la pertinence des examens analytiques et dans le but d'estimer leur pouvoir discriminatoire, il a été nécessaire de confectionner des banques de données contenant des spectres de composition FTIR de différents matériaux de source non-automobile. Dans le but d'obtenir une banque de données de taille suffisante et représentative, deux séries de prélèvements et analyses ont été effectuées :

- Prélèvement des peintures de revêtement des murs et poteaux dans 7 grands parkings lausannois (Centre, Simplon Gare, Belle Fontaine, Mon Repos, Navigation, Riponne et Hôpitaux) – analyse FTIR à l'IPS (15.1) ;

- Prélèvement des supports et revêtements de l'ensemble des éléments présents au sein du Service des Ponts et Chaussées du canton de Neuchâtel¹ – analyse FTIR à l'IPS (15.2).

3.2. Observations et résultats

3.2.1. Positionnement de la trace et déformations

Au cours d'une affaire impliquant un ou plusieurs véhicules, l'étape consistant à rechercher des traces de contact entre les différents véhicules et/ou l'environnement s'avère souvent très importante. Lorsqu'un véhicule est examiné dans ce but, l'investigateur doit prendre un certain nombre d'informations sur la trace avant de procéder au prélèvement proprement dit.

Tout d'abord et comme il l'a été dit ci-dessus, la trace doit être photographiée à l'aide d'une réglette, positionnée verticalement depuis le sol. Ensuite, les déformations éventuelles de la carrosserie doivent être mesurées (6.1) et la trace prélevée. Les moyens utilisés pour ce prélèvement sont multiples et seront discutés/exposés au chapitre 7 de cette thèse. Une proposition de travail sera ensuite fournie sous forme d'une séquence d'intervention.

L'ensemble des informations transmises ci-dessous a été extrait des expériences pratiques rencontrées lors de ce travail de thèse ainsi que des réflexions menées par le soussigné sur le sujet. Les différents dommages observés, leur aspect et leur position ont été interprétés et ont permis d'établir la synthèse reprise ci-dessous. Cette dernière regroupe les principaux résultats obtenus.

3.2.1.1. Hauteurs et véhicules suspects

Lorsqu'un investigateur observe des dommages causés à un véhicule, la hauteur est l'un des premiers éléments qui va être constaté. Si certaines gammes de hauteurs ne contredisent pas du tout la thèse d'un contact avec un autre véhicule, d'autres excluent totalement un contact véhicule particulier – véhicule particulier. Bien entendu, un choc avec certaines parties spécifiques d'un camion ou d'une grosse camionnette peut très rarement être exclu. D'autant plus que la forme de certains gros véhicules peut être très particulière (tracteurs, remorques, etc.).

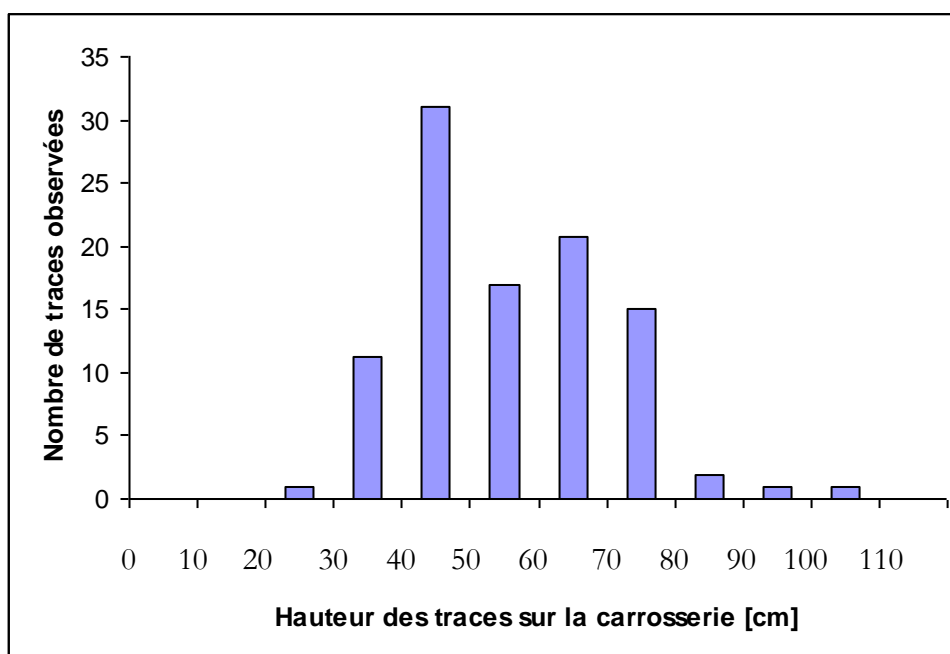
La présence du plaignant sur les lieux peut s'avérer très bénéfique dans la mesure où ce dernier peut parfois fournir des explications plus ou moins complètes et convaincantes sur les raisons de ces dommages. Si le lésé donne des indications de lieu, il est conseillé de se rendre sur place pour se rendre compte des manœuvres possibles. Dans l'hypothèse d'une fraude à l'assurance (contact provoqué par le plaignant), il est également envisageable que l'objet heurté (poteau ou mur) se

¹ Ces prélèvements ont été effectués en hiver 2005 – 2006 de manière exhaustive. C'est-à-dire que les peintures et les supports ont systématiquement été prélevés dans les deux hangars du Service des Ponts et Chaussées / NE.

trouve dans le lieu annoncé. A noter que le plaignant peut tout à fait avoir touché un obstacle sans s'en être rendu compte. Une vision locale pourrait permettre de vérifier ceci.

Dans certains cas, le plaignant peut également nourrir des soupçons (plus ou moins justifiés) envers une personne ou un véhicule. Quelques fois, le numéro de plaque d'un véhicule parké à côté du véhicule endommagé a été relevé (partiellement ou non) juste avant que les dommages soient constatés par exemple. Lorsque les soupçons à l'encontre du véhicule suspect sont justifiés ou lorsque les dommages sont importants, il est bien entendu conseillé de contacter le propriétaire du véhicule suspect afin d'y effectuer une recherche de traces.

Il est toutefois important de garder à l'esprit la problématique du bruit de fond présent sur les carrosseries. Cette remarque est confirmée par les études de RANZI [2003], portant sur les véhicules présents dans 3 parkings lausannois. Cette recherche montre que plus de 5 % d'entre eux présentent des traces de peintures étrangères. Selon toute logique, les véhicules que le propriétaire ne se donne pas la peine de parker dans des abris souterrains devraient être plus nombreux à présenter des dommages et donc des traces. Ces nombreux véhicules accidentés sont donc susceptibles d'attirer l'attention d'un plaignant en quête de l'auteur du méfait et peuvent donc faire l'objet de soupçons abusifs.



Graphique 13 : Distribution de la hauteur des traces observées sur des carrosseries [RANZI, 2003].

Comme le montre le graphique ci-dessus, la plupart des traces sont observées entre 30 et 80 cm du sol. Ces hauteurs correspondent aux zones touchées par les pare-chocs et les pneumatiques. A noter finalement que les traces de pneumatiques sont en général aisément identifiables dans la

mesure où elles ne sont pas déposées de manière verticale. Du fait de leur mouvement circulaire, elles ont en effet une forme relativement arrondie (3.2.1.3).

3.2.1.2. *Forme générale du dommage – déformation constatée*

Les déformations constatées sur un véhicule peuvent prendre des formes très diverses. Si certaines d'entre elles sont difficiles à interpréter, d'autres font état d'un choc dont la nature est relativement claire.

Avant toute chose, il convient de s'interroger sur le contexte géographique¹ dans lequel s'est déroulé l'accident. En effet, les dégâts causés par un véhicule de chantier ou agricole sont très différents de ceux causés par un véhicule standard de tourisme. L'exemple d'un véhicule endommagé, alors qu'il était parké dans une forêt, aux abords d'un petit chalet est très parlant. Si dans un contexte urbain, la mise en évidence de dégâts verticaux orienterait l'investigateur vers un choc contre un poteau ou un mur, ce n'est pas le cas dans une forêt, puisque de multiples machines industrielles peuvent y circuler. Ces véhicules d'exploitation forestière tractent souvent des remorques et sont fréquemment équipés d'accessoires relativement imposants (treuils ou pinces mécaniques par exemple).

En règle générale, dans un contexte urbain ou aux abords d'une route, les observations de la Figure 21 sont valables.

¹ Ville, campagne, chantier, forêt, etc.

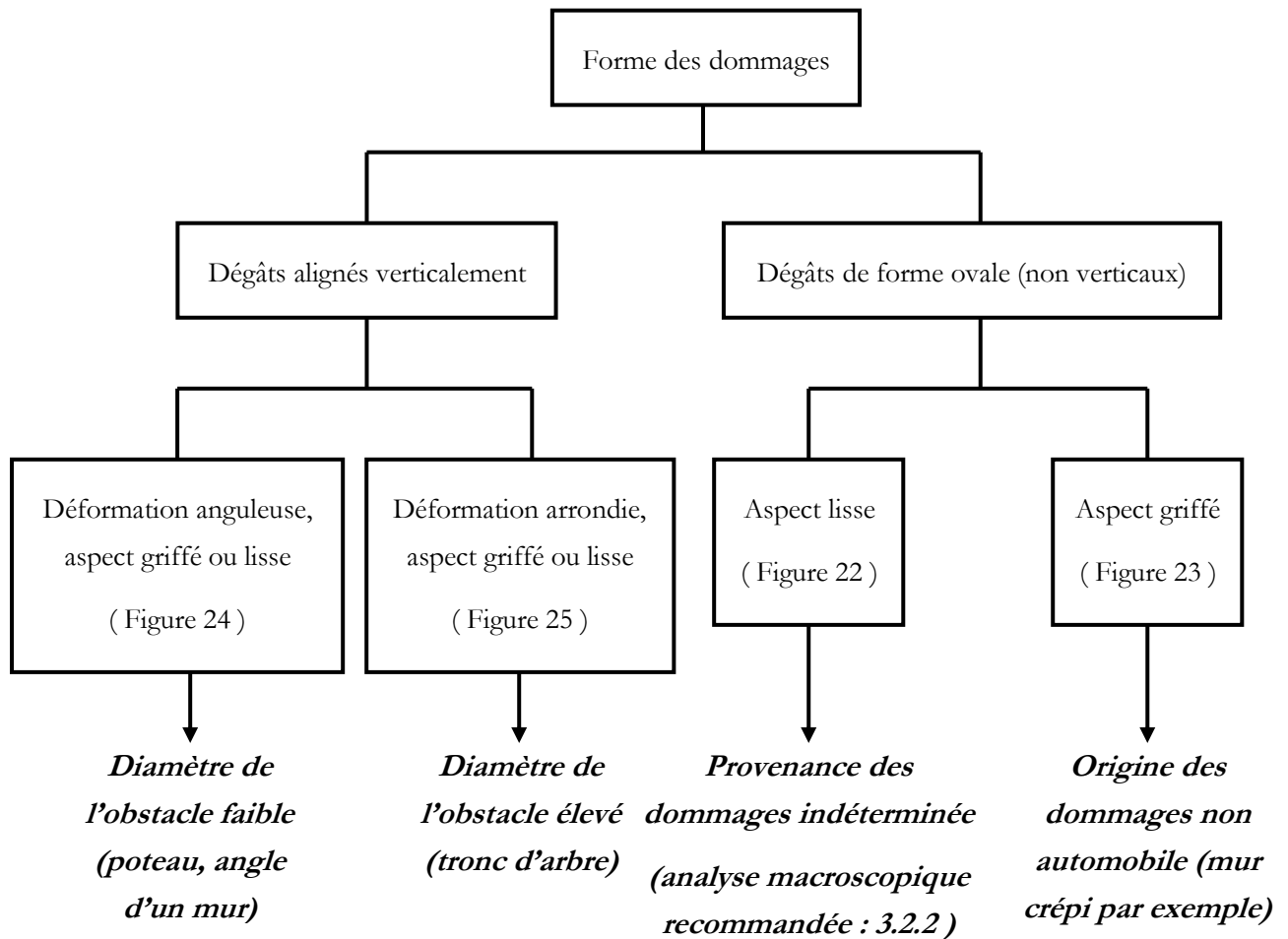


Figure 21 : Séquence d'observation des déformations sur une carrosserie.

Comme le montre le schéma exposé ci-dessus, les dégâts ayant une configuration verticale font en général état d'un impact contre un objet fixe de type poteau, angle d'un mur, tronc d'arbre. En ce qui concerne les dommages de forme ovale, ces derniers sont difficilement classifiables car ils peuvent correspondre à un choc contre un objet fixe (mur ou barrière) ou en mouvement (véhicule). Les déformations observées sur une carrosserie dépendent bien entendu de la nature du choc reçu, mais également de la rigidité de la structure du véhicule lui-même. Un impact de faible vitesse sur une surface molle déposera des dommages de forme relativement ovale, ce qui n'est pas forcément le cas sur une surface très résistante et peu déformable (longerons, axe des roues).



Figure 22 : Exemple d'une trace dont la déformation est définie comme étant ovale et relativement lisse.



Figure 23 : Exemple d'une trace dont la déformation est définie comme étant ovale et de texture griffée.

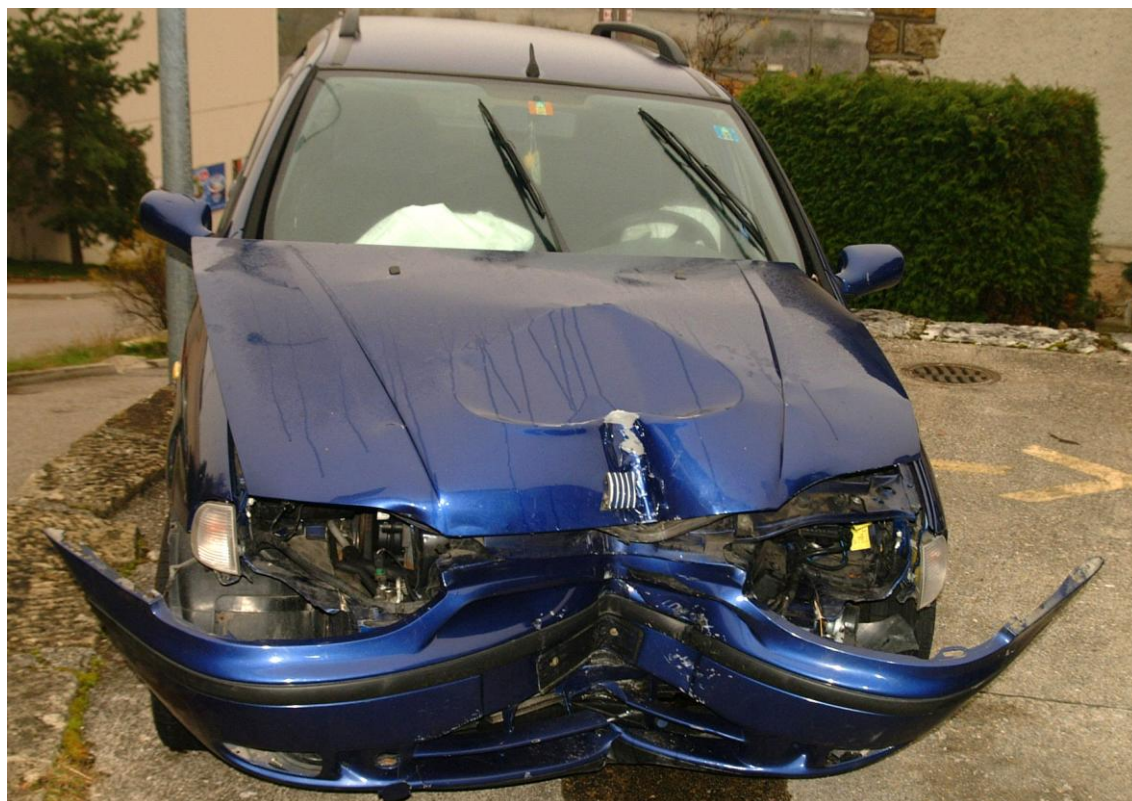


Figure 24 : Exemple d'une trace dont la déformation, alignée verticalement est anguleuse.

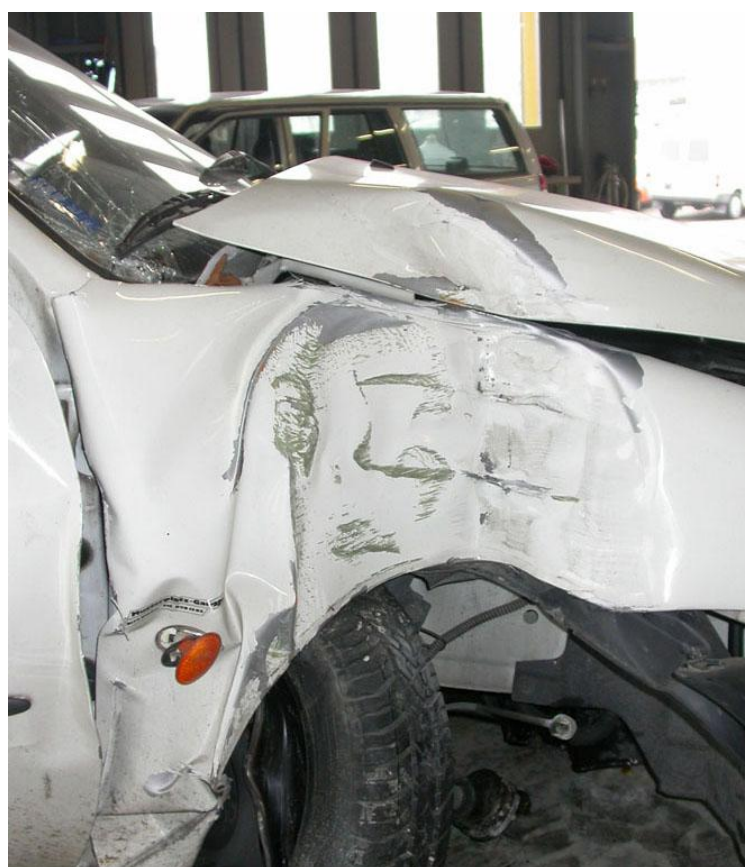


Figure 25 : Exemple d'une trace dont la déformation, alignée verticalement est arrondie.

Outre la forme des déformations observées sur une carrosserie, d'autres informations générales telles que le sens d'apposition de la trace peuvent être extraites lors des premiers examens. Dans certains cas en effet, après avoir pris connaissance de la configuration des lieux, l'orientation d'une trace peut résoudre un certain nombre de questions ou permettre de mettre en évidence une contradiction.

La détermination du sens d'un impact peut être extrêmement délicate et la majorité des questions ayant trait à cette problématique demeureront sans réponse. Toutefois, un rétroviseur rabattu ou une partie plastique déplacée peuvent grandement faciliter la tâche d'un investigateur et donner une bonne indication de la direction du choc. En l'absence d'une trace aussi évidente, c'est aux intersections des différentes pièces de la carrosserie que se trouvent les traces les plus intéressantes (Figure 26 et Figure 27). Les flèches rouges indiquent le sens du déplacement de l'objet déposant la trace sur le véhicule visible sur l'image (véhicule fixe).

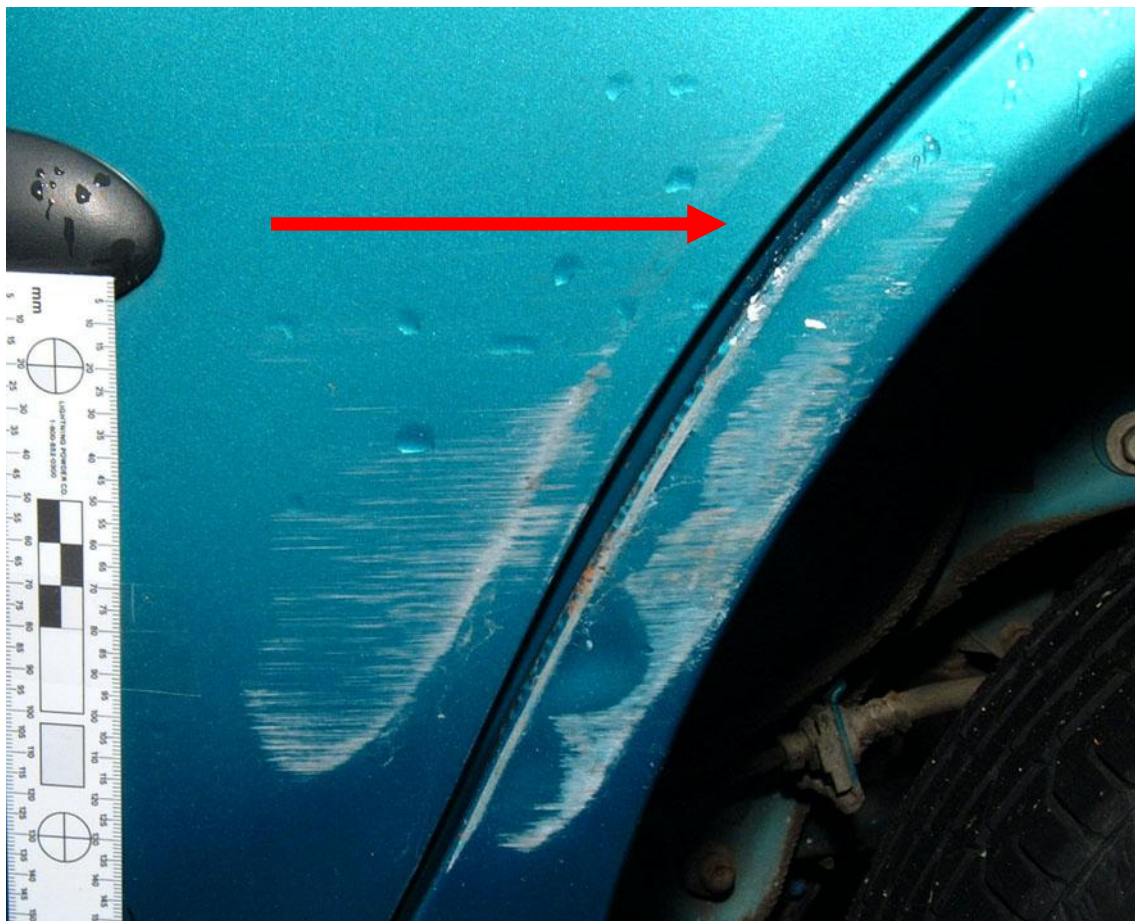


Figure 26 : Sens d'un impact déterminé en fonction des traces (1/2).



Figure 27 : Sens d'un impact déterminé en fonction des traces (2/2).

3.2.1.3. *Autres*

La quantité d'informations que de la forme générale d'un dommage permet d'extraire est grande. Bien que les deux sous-chapitres précédents reprennent les principales observations, il ne s'agit pas d'une énumération exhaustive.

Les quatre figures suivantes offrent un exemple imagé de particularités qui démontrent un contact avec un autre véhicule. La Figure 28 montre une partie plastique, marquée par des traces de boulons appartenant à une jante. La Figure 29 fait état d'une trace de pneumatique en mouvement. Les formes arrondies et la couleur noirâtre de ces traces sont une indication très fiable.

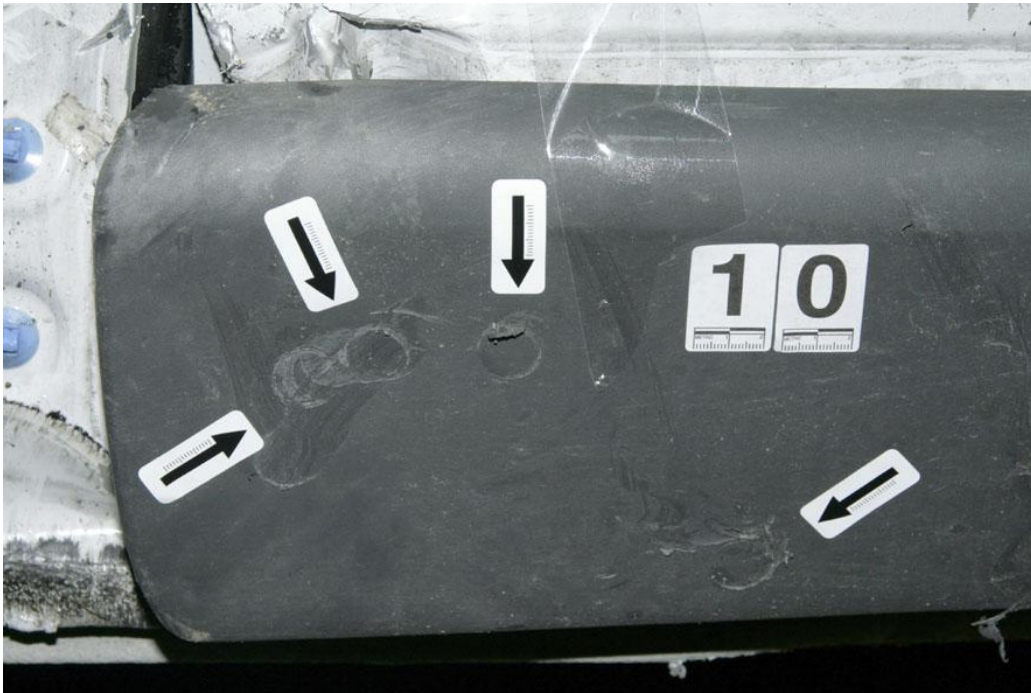


Figure 28 : Traces laissées sur un véhicule par une jante en mouvement.



Figure 29 : Traces laissées sur un véhicule par un pneumatique en mouvement.



Figure 30 : Enlèvement de poussière produit par contact avec une plaque minéralogique.

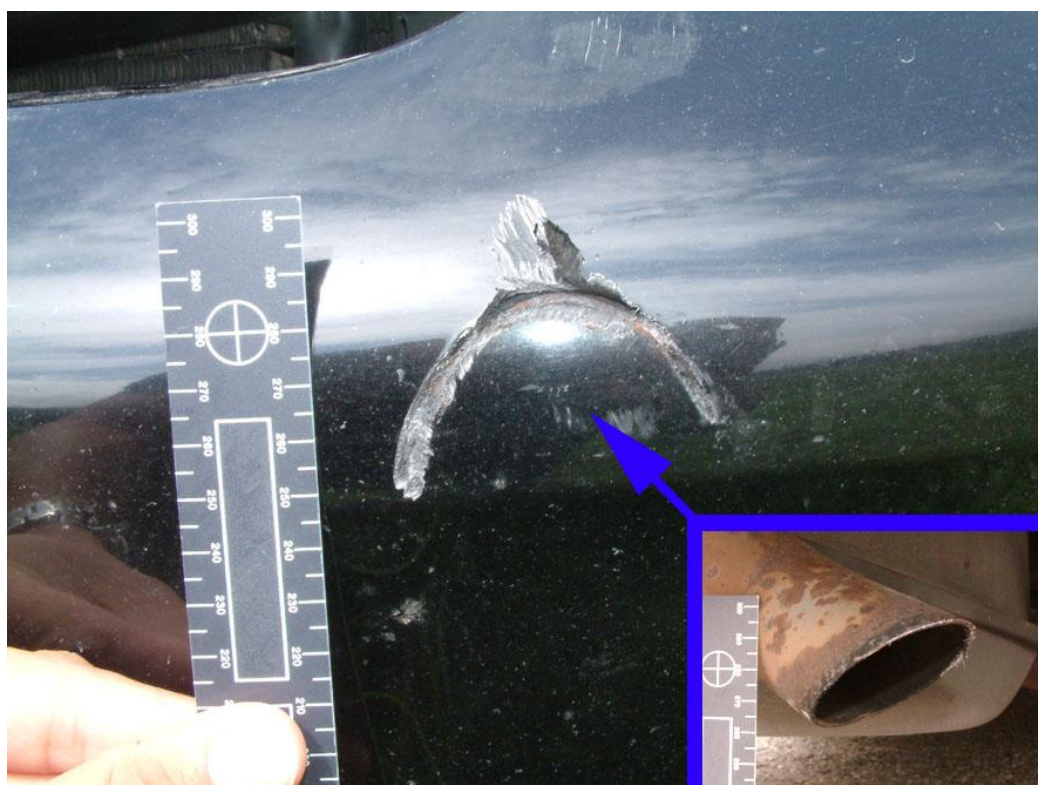


Figure 31 : Fusion de la peinture d'un pare-chocs lors d'un contact avec un pot d'échappement chaud.

Les deux images précédentes (Figure 30 et Figure 31) sont également garantes d'un contact avec un autre véhicule. La Figure 30 est d'autant plus intéressante car elle permet d'identifier le véhicule en contact grâce au numéro de plaque, lisible après avoir effectué un prélèvement sur gélatine blanche¹ (feuille Schneider).

3.2.2. Aspect macro/microscopique

Ce sous-chapitre concerne les prélèvements mentionnés au sein des paragraphes 3.1.1.1 à 3.1.1.3 . Il fait état de la suite à donner aux premiers examens portant sur la hauteur, les déformations et la texture des dommages.

3.2.2.1. Généralités

L'ensemble des spécimens prélevés a été observé au microscope (éclairage à 45°), puis photographié au microscope² (réflexion et transmission), à l'aide de la technique dite « en fond noir ». Les images obtenues par ce biais ont été exposées dans l'Annexe 4 de ce travail de thèse. A noter que certaines traces ont été photographiées à plusieurs reprises afin que le lecteur puisse avoir une idée de l'hétérogénéité du matériau. Les observations ont été basées sur l'ensemble des spécimens récoltés, qu'ils soient de source automobile ou alternative. En effet, cette collecte globale présente l'immense intérêt d'être conséquente et donc relativement représentative.

L'Annexe 4 présente de nombreuses images pouvant être attribuées à plusieurs groupes majoritaires (minéraux, végétaux, revêtements de murs, polymères plastiques, etc.). Cette première observation a permis d'établir un listing de points importants, auquel l'observateur doit prendre garde ou tout au moins être attentif lors de ses investigations. Pour des raisons pratiques et par soucis de synthèse, les résultats de ces observations sont indiqués sous la forme de tableaux, présentés ci-dessous. Il est cependant important de rappeler à ce stade que les constatations effectuées dans ces tableaux ne sont valables que pour des peintures d'origine, **sans retouche** et appliquées sur des **véhicules de tourisme**.

Les retouches, pouvant être d'usine ou issues de l'œuvre d'un particulier sont très difficiles à interpréter car leur morphologie, comme leur composition d'ailleurs, dépend directement de la peinture/matière utilisée et de sa qualité. Dans les cas où il est impossible de connaître l'historique du véhicule ayant laissé la trace, il faut donc rester extrêmement prudent quant aux conclusions apportées.

Dans le même ordre d'idée, les peintures qui revêtent les véhicules de chantier ou agricoles n'ont pas été étudiées dans cette thèse. Il est dès lors impossible de déterminer si leur aspect, leur

¹ Photographie à l'aide d'un éclairage en fristance.

² Grossissement : environ 100x.

qualité et leur composition permettent de tirer les mêmes conclusions que celles obtenues avec des véhicules de tourisme.

3.2.2.2. Principaux résultats

Les clichés réalisés et exposés au sein de l'Annexe 4 peuvent être classés en 8 catégories différentes. Afin de donner une clef analytique au lecteur, les observations effectuées sur chacune des 8 catégories sont reprises ci-dessous. Les billes retro-réfléchissantes (14.1) ne nécessitent pas beaucoup d'informations dans la mesure où elles sont très rapidement détectées. Leur aspect circulaire et brillant permet en effet à un investigateur (même inexpérimenté) de les classer aisément. Pour cette raison, les caractéristiques des billes retro-réfléchissantes ne sont pas détaillées sous forme de tableau, comme c'est le cas pour les 7 autres catégories (14.2 à 14.8).

Catégorie	Texture	Plusieurs couches visibles ?	Homogénéité	Épaisseur	Autre
Rouille (14.2)	Lisse	Non	Hétérogène	Fine	Rouge - orangé
Minéraux (14.3)	Complexe, poudreuse (béton brut) ou grossière	Non	Homogène ou hétérogène	Fine (béton brut) ou épaisse (pour les autres)	-
Végétaux (14.4)	Complexe	Non	Hétérogène	Fine	Brun
Revêtements de murs ou de parkings (14.5)	Lisse (peinture de qualité), complexe, fondue (plastiques) ou grossière (pour les autres)	En général non, mais possible dans de rares cas	Homogène	Fine (peinture de qualité) ou épaisse	-
Pneumatiques et polymères plastiques automobiles (14.6)	Fondue (fibreuse)	Non	Homogène	Fine	La gomme de pneumatique est + opaque
Peinture automobile métallisée (14.7)	Lisse ou poudreuse	Possible	Homogène	Fine	Pigments métallisés visibles
Peinture automobile unie (14.8)	Lisse ou poudreuse	Possible	Homogène	Fine	-

Tableau 8 : Descriptions des différentes catégories de l'Annexe 4.

Le Tableau 9 reprend les observations sur l'ensemble des images recueillies, tout en les classant selon deux catégories : les traces d'origine automobile (peintures ou plastiques) et les traces de source alternative (murs, poteaux, troncs d'arbres, etc.). Dans la pratique, c'est en effet cette différenciation qui doit être réalisée sur la base d'une trace inconnue.

Constatations	Éléments observés sur des traces d'origine automobile (peintures ou plastiques)	Éléments observés sur des traces de source alternative (murs, poteaux, troncs d'arbres, etc.)
Texture	Toujours lisse, poudreuse et/ou fondue (plastiques).	Lisse, poudreuse, fondue (plastiques), complexe et/ou grossière.
Nombre de couches	Une ou plusieurs.	En général une, mais il peut arriver qu'il y en ait plusieurs (rare).
Uni / métallisé	Peinture unie ou métallisée.	Peinture unie uniquement.
Homogénéité	Toujours très homogène.	Homogène ou hétérogène.
Épaisseur	Fine.	De toutes tailles.
Autres particules observées	Présence possible de rouille ou de billes retro-réfléchissantes pour les plaques et les adhésifs automobiles.	Présence possible de minéraux, végétaux, rouille, billes retro-réfléchissantes, etc.

Tableau 9 : Résumé des constatations effectuées sur la base de l'interprétation des images de l'Annexe 4.

A noter également que l'Annexe 4 est extrêmement utile dans un but de formation. Cette dernière est en effet complémentaire aux deux tableaux précédents. Les termes choisis par le soussigné pour caractériser certaines textures ou observations doivent être accompagnés des images afin que l'investigateur s'approprie le même vocabulaire et se familiarise avec ce dernier.

Les observations recueillies au sein du Tableau 9 ont permis la mise en place d'une séquence d'investigations exposée au sein de la Figure 32 . Cette séquence est valable dans la plupart des cas pour tenter d'identifier la provenance d'une trace. Afin de rester dans les limites définies par le projet de recherche (1.1), cet outil a été établi pour un usage investigatif de type « police », c'est-à-dire pour être appliquée de manière rapide et pour un grand nombre d'affaires.

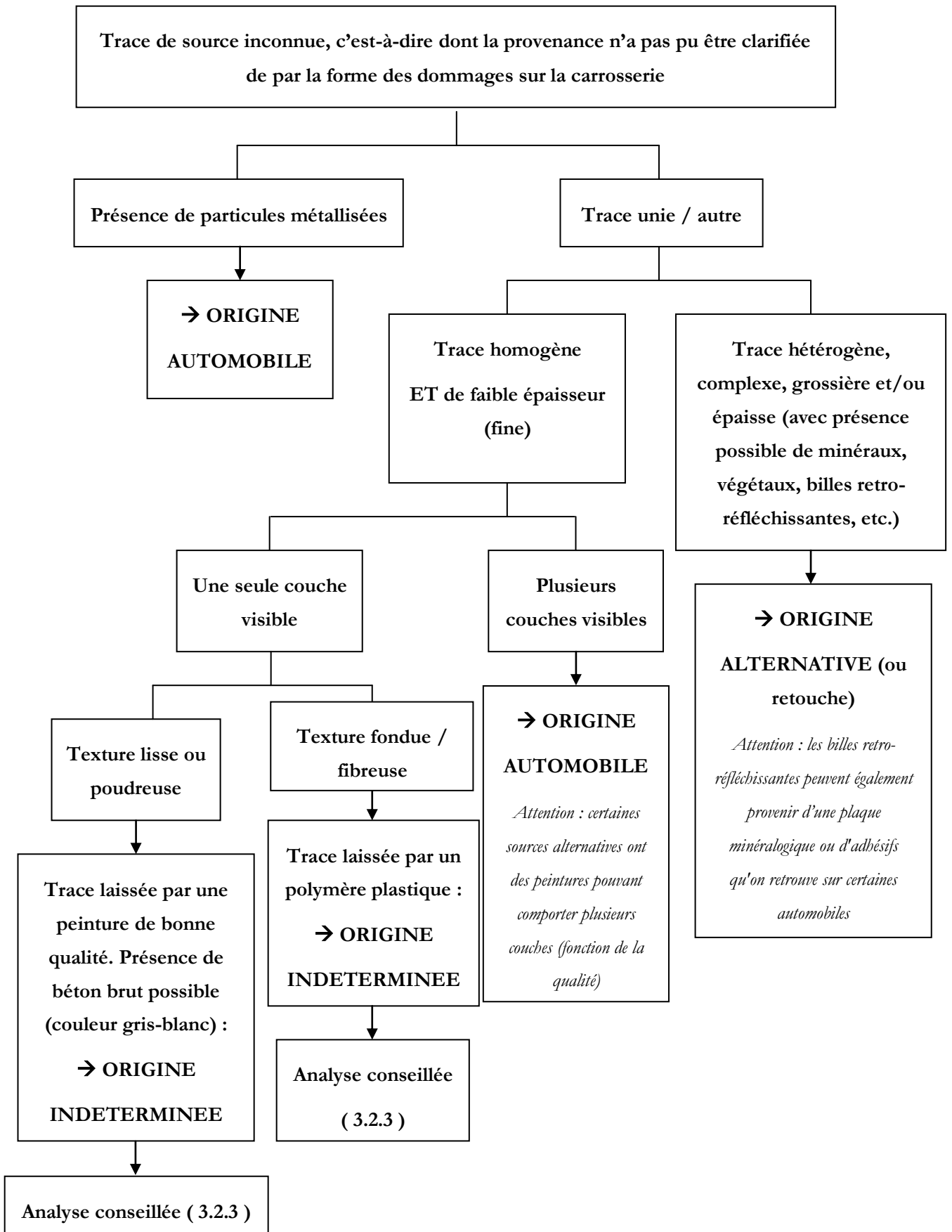


Figure 32 : Séquence d'examens proposée pour une trace de source inconnue.

3.2.2.3. *Autres techniques d'observation*

Bien que les traces récoltées aient été observées en fond clair, en fond noir, en transmission et en réflexion, seules les photographies en fond noir et en réflexion ont été imagées dans ce travail. La raison de ce choix est simple dans la mesure où il s'agit de la technique d'observation permettant les meilleures constatations sur la trace. Il va de soi cependant que d'autres enseignements très discriminants peuvent être extraits lors de l'observation microscopique d'une trace en utilisant d'autres techniques d'observation. L'observation d'une trace en transmission par exemple permet de mettre en évidence son caractère plus ou moins opaque. Cet examen pourrait permettre de renforcer l'hypothèse d'une trace de pneumatique par exemple¹.

3.2.2.4. *Remarques complémentaires*

L'aspect blanchâtre d'une trace peut provenir de deux facteurs principaux. Tout d'abord, il peut tout simplement s'agir d'un dépôt de peinture ou de plastique blanc. Dans ce cas, la trace est traitée de manière similaire à la séquence décrite ci-dessus. Finalement, il est fréquent que le dépôt blanc observé provienne simplement de l'abrasion d'un verni qui conduit à une opacification de celui-ci. Ce phénomène donne également naissance à des traces de couleur blanche, mais dont la provenance est issue du support lui-même. Cet élément est à prendre en compte dans la mesure où il peut amener à une certaine confusion aux yeux d'un investigateur non averti.

En ce qui concerne les traces de rouille, très souvent présentes lorsque qu'un support métallique est exposé aux intempéries, ces dernières peuvent être observées lors d'un contact avec une source automobile ou non. Comme le montrent les photographies de l'Annexe 4, la rouille observée sous microscope fait état d'une trace orangée et relativement hétérogène (Tableau 8).

3.2.3. Examens analytiques

Ce sous-chapitre concerne les prélèvements d'échantillons mentionnés au sein du paragraphe 3.1.1.4 . Son but est d'évaluer la plus-value d'une analyse FTIR par rapport aux observations des déformations (3.2.1) et à l'aspect macro/microscopique de la trace (3.2.2).

Une fois récolté, observé et analysé par FTIR, le matériel récolté dans les parkings lausannois et au sein du Service des Ponts et Chaussées neuchâtelois a été comparé à une banque de données contenant un nombre très important de peintures et plastiques automobiles. Sans pour autant être exhaustive, cette banque nommée EUCAP est constamment alimentée par les différents laboratoires européens. Elle contient elle-même un certain nombre de sous-répertoires, englobant

¹ Les polymères des pneumatiques sont en général composés de particules très opaques.

des informations spécifiques sur des pièces automobiles (plastiques) ainsi que sur certaines couches de peinture.

La pratique a montré que lorsque l'origine d'une trace est inconnue, cette dernière ne comprend en général qu'une seule couche. En effet, lorsque plusieurs couches sont retrouvées, il est aisé de déterminer la source de la trace (examens optiques et FTIR). Compte tenu de cette information et dans la mesure où lorsque qu'une seule couche est transférée, cette dernière est en générale une couche externe d'un système de peinture (voire une trace glissée de polymère plastique), seules les banques de données des peintures unies¹ (*solid paints*) et des plastiques² (*plastic parts*) ont été utilisées pour les comparaisons³. Les matériaux collectés et décrits dans le sous-chapitre 3.1.1.4 ont donc été comparés aux banques de données EUCAP suivantes :

Type d'échantillon (3.1.1.4)	Noms des banques de données EUCAP de comparaison
Polymères plastiques (supports de panneaux, revêtements plastiques, adhésifs de surface)	IR Automotive Plastic Parts EUCAP EPG
Peintures (murs, poteaux, panneaux, etc.)	IR Automotive Solid Paints for Plastic Parts EUCAP EPG IR Automotive Solid Paints Streetsamples CGPC Spain S – IR Automotive Solid Paints EUCAP EPG Solid Paint (LKA Dresden) SP – IR Automotive Solid Paints for Plastics EUCAP EPG

Tableau 10 : Banques de données EUCAP utilisées pour les comparaisons, en fonction du type d'échantillon.

Le but de ces comparaisons a été de définir dans quels cas il est possible de différencier une peinture ou un plastique d'origine automobile, d'une peinture ou un plastique provenant d'un objet immobile (mur, poteau, panneau, etc.). Les résultats de ces comparaisons ont été exposés

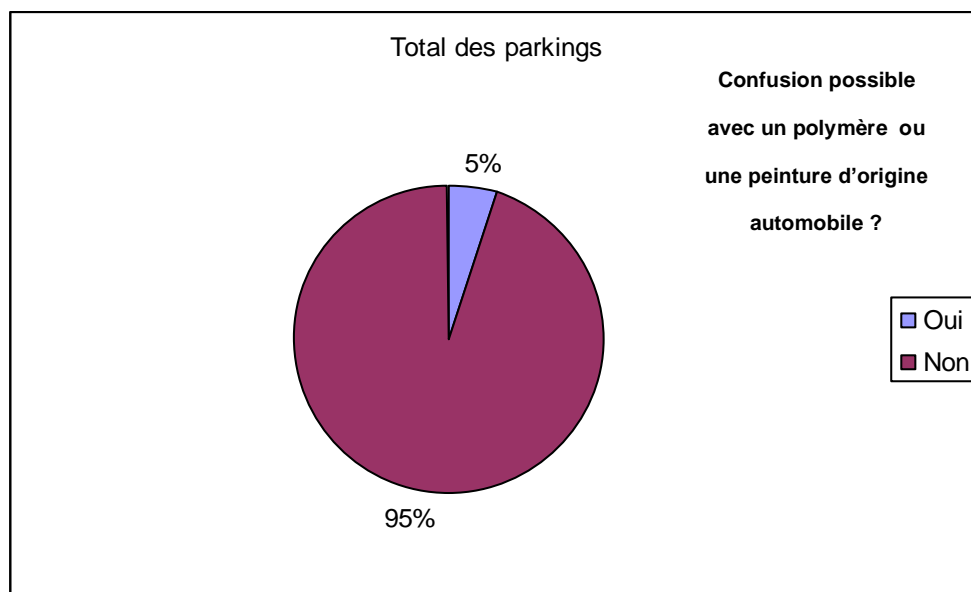
¹ Couches externes, directement en contact en cas de choc.

² Directement en contact en cas de choc.

³ A noter que les vernis ne sont pas intégrés dans ces comparaisons car ces matériaux sont très aisés à reconnaître et à différencier des peintures et des plastiques. Il est par ailleurs établi qu'en présence de vernis, la trace ne provient pas d'un revêtement de parking ou d'un panneau.

dans la dernière colonne des deux tableaux de l'Annexe 5 et sont repris ci-dessous sous forme de graphiques¹.

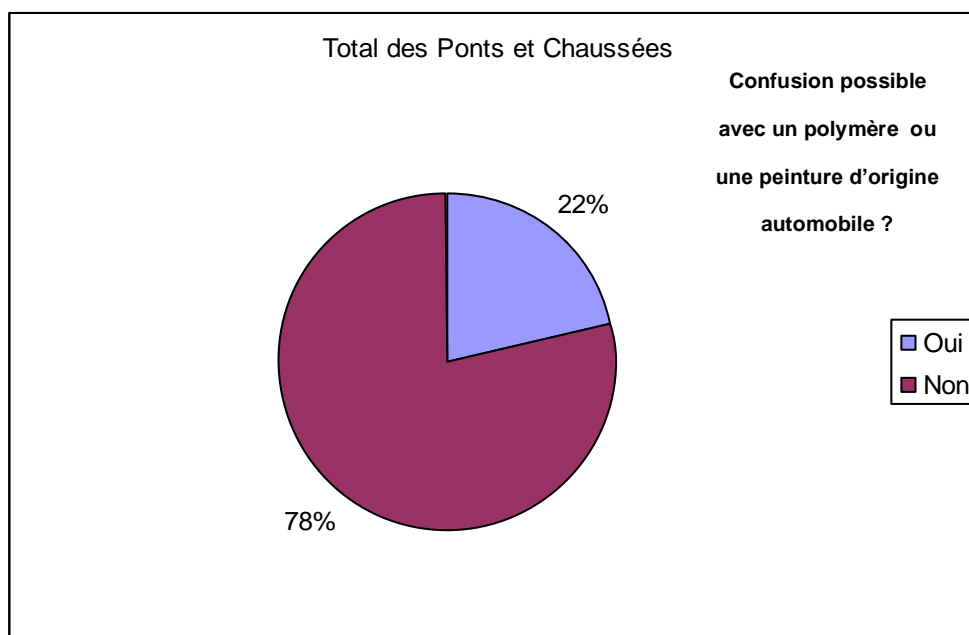
La mise en commun de toutes les données concernant les parkings est exposée dans le graphique ci-dessous (Graphique 14). Comme on peut le constater, dans 95% des cas, il est possible de différencier par FTIR une peinture ou un polymère composant les 7 parkings lausannois étudiés d'une peinture ou un plastique de source automobile.



Graphique 14 : Résultats totaux des analyses réalisées sur la base des 7 parkings lausannois (total de 59 prélèvements) – possibilités de non différenciation au niveau du spectre FTIR avec un polymère ou une peinture d'origine automobile (EUCAP).

Tout comme pour les parkings, les résultats des comparaisons entre la banque EUCAP et les spectres FTIR des prélèvements réalisés au Service des Ponts et Chaussées sont exposés dans le graphique ci-dessous (Graphique 15) .

¹ Dans la mesure où les banques de données EUCAP ne sont pas exhaustives, il a été décidé de ne pas exclure un spectre sur la base uniquement de petites différences au niveau des intensités relatives. En effet, les exclusions concernant ces comparaisons ont été effectuées de manière relativement large.

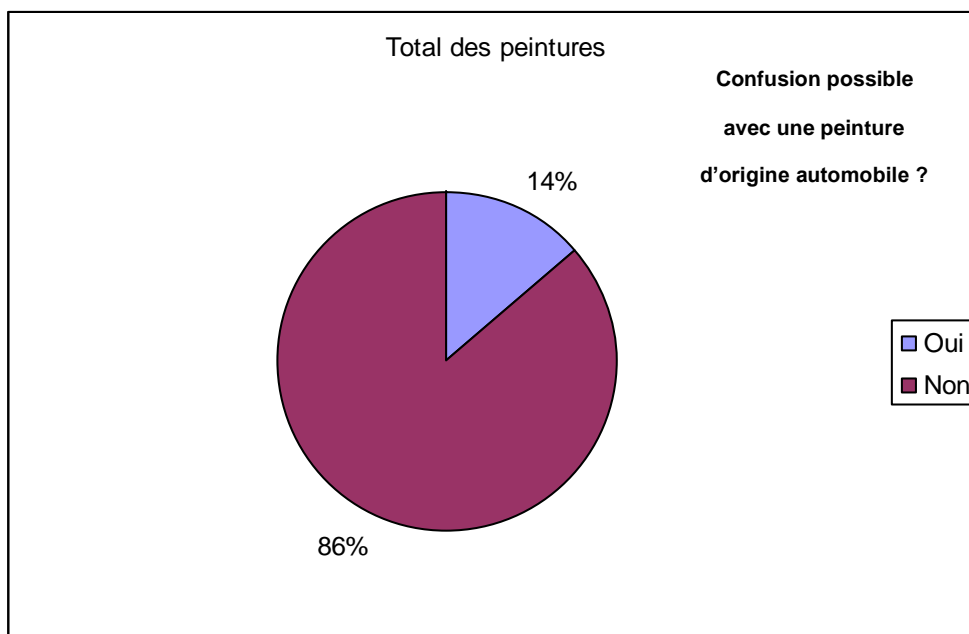


Graphique 15 : Résultats totaux des analyses réalisées sur la base des prélèvements effectués au Service des Ponts et Chaussées / NE (total de 81 prélèvements) – possibilités de non différenciation au niveau du spectre FTIR avec un polymère ou une peinture d'origine automobile (EUCAP).

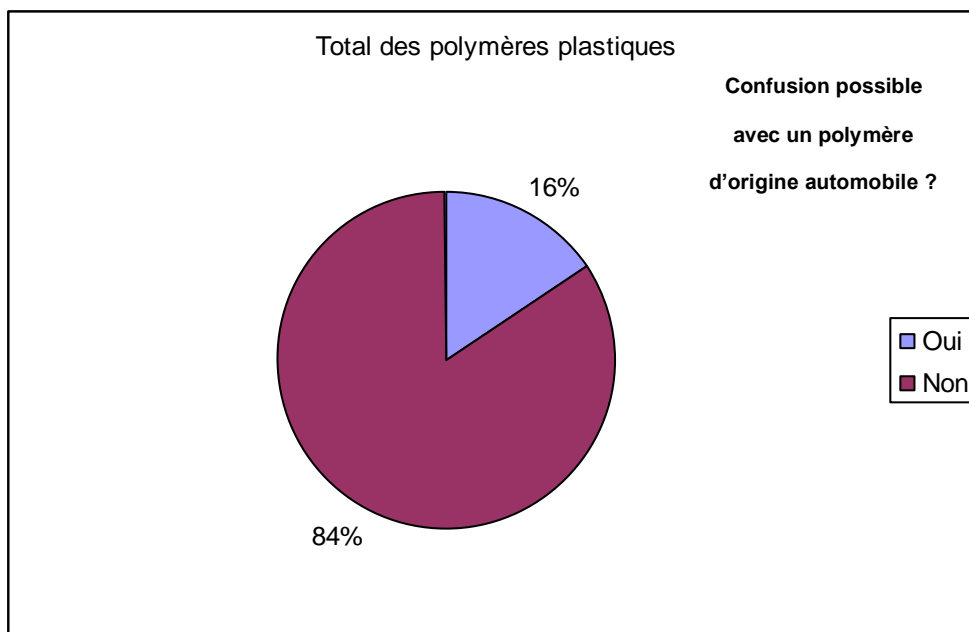
Une fois l'ensemble des données analytiques compilées, force est de constater que les prélèvements réalisés au Service des Ponts et Chaussées dans le canton de Neuchâtel suivent la même voie que les prélèvements effectués dans les parkings lausannois. Les statistiques font toutefois état d'un potentiel de discrimination légèrement plus faible¹. En effet, dans 78% des cas (contre 95% pour les parkings), il est possible de différencier par FTIR une peinture ou un polymère de type non automobile composant les différents éléments des Ponts et Chaussées neuchâtelois, d'une peinture ou un plastique de source automobile. En tenant compte de l'ensemble des résultats (parkings et Ponts et Chaussées), il est possible de déterminer qu'environ 86% (moyenne) des traces dont l'origine n'est pas automobile peuvent donc être identifiées comme telles. Seules 14% des traces litigieuses resteront donc toujours indifférenciées au terme des analyses.

Les données récoltées au sein de l'Annexe 5 ont également permis d'effectuer des statistiques séparées sur le potentiel de discrimination des plastiques et des peintures. Les deux graphiques ci-dessous démontrent que ce potentiel est tout à fait comparable (environ 15% de non différenciation dans les deux cas).

¹ Cette légère différence doit être nuancée compte tenu du nombre relativement faible de prélèvements dans chacun des groupes (59 et 81).



Graphique 16 : Résultats totaux des analyses réalisées sur l'ensemble des peintures (total de 100 prélèvements) – possibilités de non différenciation au niveau du spectre FTIR avec une peinture d'origine automobile (EUCAP).



Graphique 17 : Résultats totaux des analyses réalisées sur l'ensemble des polymères plastiques (total de 38 prélèvements) – possibilités de non différenciation au niveau du spectre FTIR avec un plastique d'origine automobile (EUCAP).

Le Graphique 16 démontre qu'environ 14% des peintures analysées n'ont pas pu être différenciées d'une peinture automobile. L'Annexe 5 permet de déterminer que l'ensemble des peintures n'ayant pas pu être discriminée sont des acryliques (ACR) ou des alkydes orthophtaliques (ALK OPH). Cet élément n'est pas surprenant dans la mesure où ces compositions sont très souvent retrouvées dans les peintures domestiques également. Dans le même ordre d'idée, les 16% des plastiques non discriminés (Graphique 17) ont également des compositions bien distinctes. On constate que le polypropylène, le polyamide et le styrène sont trois types de plastiques qui se retrouvent aussi bien dans les polymères automobiles que dans les revêtements de parkings et les éléments des Ponts et Chaussées. Ces derniers sont donc difficiles à différencier. Relevons que ces chiffres concernent la globalité des matériaux et des peintures récoltées. Cependant, il a été constaté que les polymères plastiques de type polyéthylène (PE) en particulier sont extrêmement différents, suivant s'ils se trouvent sur une automobile ou sur un poteau / panneau¹. Beaucoup d'éléments du Service des Ponts et Chaussées sont en polyéthylène, mais il s'agit de polyéthylène pur. Or, il est très rare de retrouver ce type de matériau à l'état pur sur des pare-chocs ou des parties plastiques d'automobiles. Une recherche a été effectuée dans la sous-banque « IR – Automotive Plastic Parts – Eucap EPG » et aucun polyéthylène pur n'y a été retrouvé².

Les résultats obtenus ci-dessus sont très encourageants et motivent, en cas de non différenciation par les examens des déformations et macroscopiques, à passer à l'étape analytique pour savoir si une peinture ou un polymère est de source automobile ou non. Pour reprendre la fin de la séquence définie dans la Figure 32 , cette étude analytique a permis de donner plus d'indications quant aux possibilités analytiques de fin de séquence (Figure 33).

¹ Le polyéthylène est absent des revêtements de murs de parkings.

² Cette partie de la banque de données EUCAP contient environ 3680 spectres de plastiques automobiles.

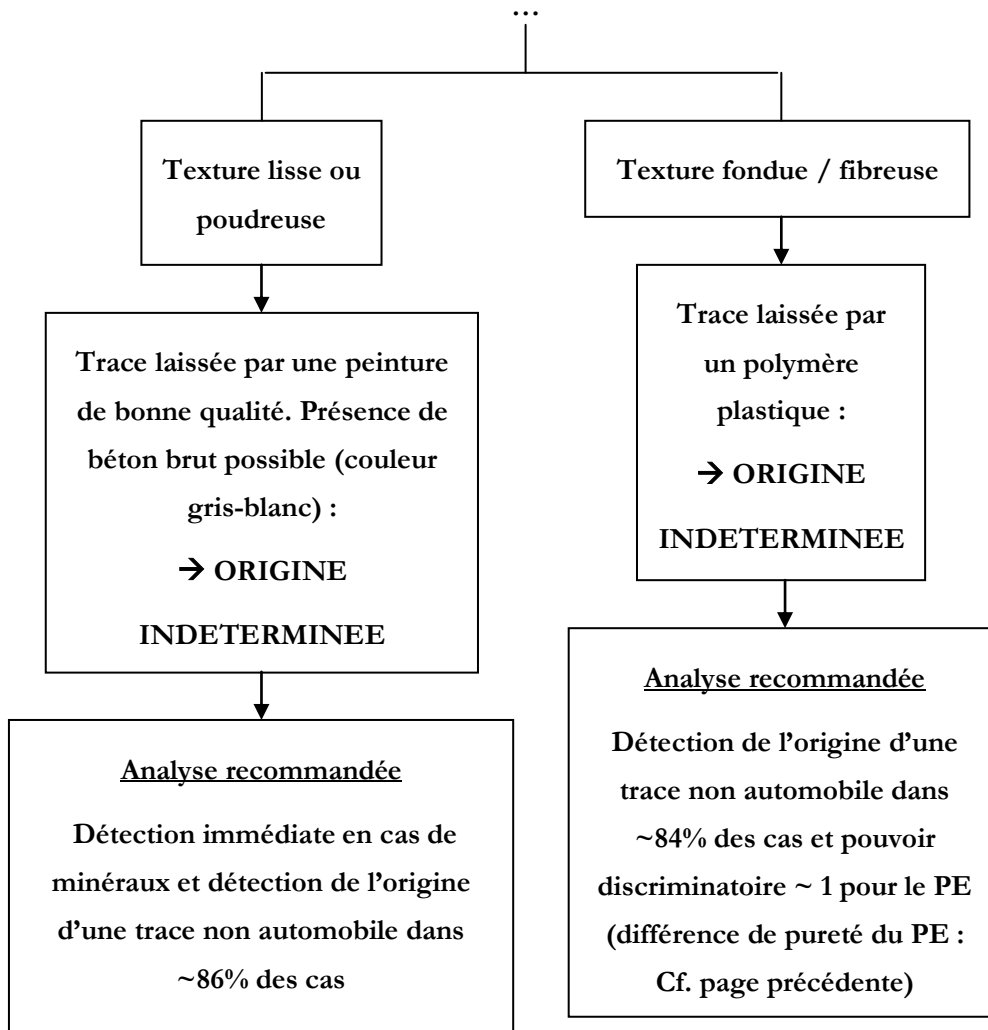


Figure 33 : Fin de séquence, complétée sur la base de la Figure 32 .

3.3. Remarques finales

Au terme de ce chapitre, le projet exposé au point 1.3.1 de cette thèse touche à sa fin. La séquence d'analyse et d'observation mise sur pied permet en effet une meilleure compréhension de la nature d'une trace inconnue.

Les sous-chapitres précédents suivent la logique du général au particulier. Cet ordre de priorité entraîne également des coûts et un besoin en ressources croissants. Dans de nombreux cas, la forme des dommages, leur position et leur hauteur permettront de déterminer s'il s'agit d'un contact « véhicule – véhicule » ou « véhicule – objet immobile (mur, poteau, etc.) ». Lorsqu'une différenciation n'est pas possible à ce stade, l'aspect macro/microscopique de la trace pourra permettre une meilleure discrimination. Toutefois, il va de soi que cette étape demande plus de temps. L'ultime stade de la séquence concerne l'analyse à proprement dit de la trace par spectromètre infrarouge (FTIR). Cette étape est de loin la plus coûteuse et la plus longue, c'est

pourquoi elle se situe en fin de séquence. Néanmoins, elle permet de résoudre un certain nombre de cas qui demeurent non résolus.

Il sied encore de rappeler que l'ensemble des constatations ci-dessus n'est valable que pour des véhicules dits de « tourisme » et non retouchés. Comme il est possible de le voir dans le sous-chapitre 4.3.1.2 , environ 5% des peintures rencontrées peuvent présenter des signes de retouches. Il convient donc d'être prudent dans les conclusions apportées.

Outre la différenciation entre une trace automobile et non-automobile, les observations macroscopiques effectuées au cours de ce chapitre permettent d'aider à situer un dommage dans le temps. La présence de rouille par exemple, est un élément qui peut aider à déterminer si les dégâts observés sont récents ou non. Par ailleurs, il convient toujours de garder à l'esprit qu'un dommage peut provenir de deux chocs différents. Un plaignant peu scrupuleux pourrait donc tout à fait tenter de faire passer un ancien dommage de type véhicule – mur avec un nouveau, qui lui est de type véhicule – véhicule.

4. MÉCANISMES DE TRANSFERT DES TRACES LORS DE COLLISIONS

4.1. Introduction

Lors d'un choc entre deux véhicules, chacun est considéré comme étant à la fois donneur et receveur de traces diverses (transfert croisé). Dans l'optique où le premier véhicule transfère un grand nombre de fragments de peinture sur la carrosserie du deuxième, est-ce que l'on peut s'attendre à avoir également un grand nombre de fragments transférés dans le sens inverse, selon le principe de l'échange de Locard? La connaissance nécessaire à la compréhension de ce phénomène nécessite une étude approfondie de la peinture automobile et de ses qualités.

4.1.1. Transfert des peintures

Il a été observé durant les diverses expériences pratiques de ce travail que les fragments multicouche de peinture les plus à même de se détacher d'une carrosserie proviennent des zones métalliques peintes. Plus particulièrement, le transfert de fragments est le plus important au niveau des zones où la tôle est fortement pliée¹.

Cette observation a permis de poser l'hypothèse de travail suivante : **plus la tôle est pliée, plus la peinture a tendance à se détacher de son support.** Cette hypothèse est mentionnée dans l'introduction de ce chapitre car elle est la base des expériences qui suivent. Cette corrélation "angle de la tôle – détachement de la peinture" n'est expliquée nul part dans la littérature et ce chapitre fait donc l'objet d'un travail pionnier dans ce domaine. Les trois figures suivantes illustrent ce phénomène.

¹ Il va de soi que, lors de chocs très violents, la question du transfert ne se pose plus puisqu'un nombre important d'éléments matériels se détache des véhicules.

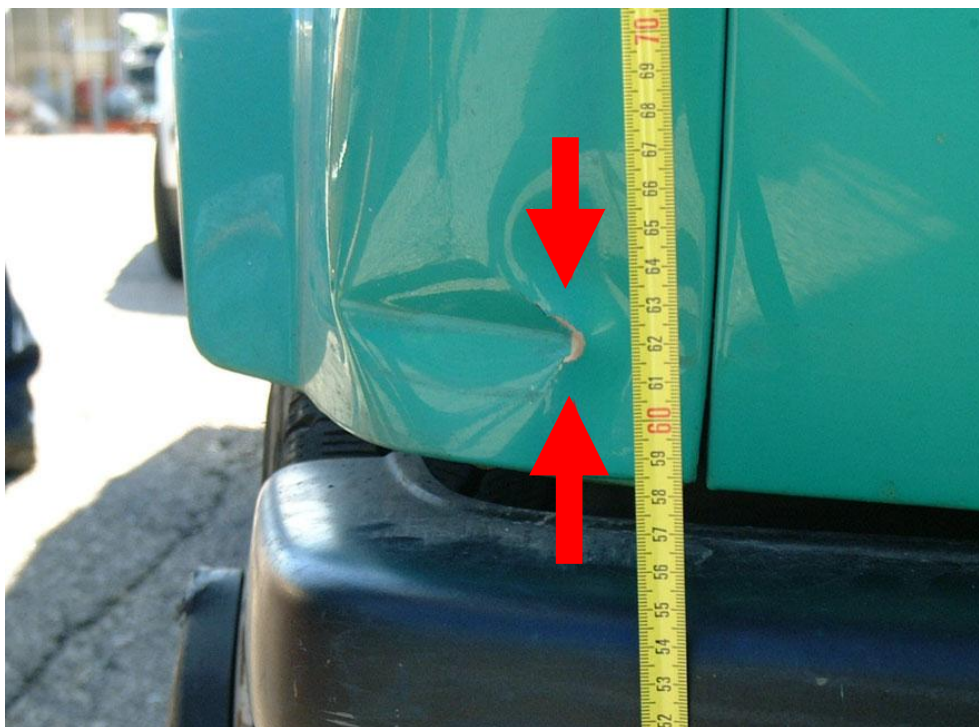


Figure 34 : Détachement de la peinture dans les zones où la tôle est fortement déformée (angle aigu) – 1/3.



Figure 35 : Détachement de la peinture dans les zones où la tôle est fortement déformée (angle aigu) – 2/3.

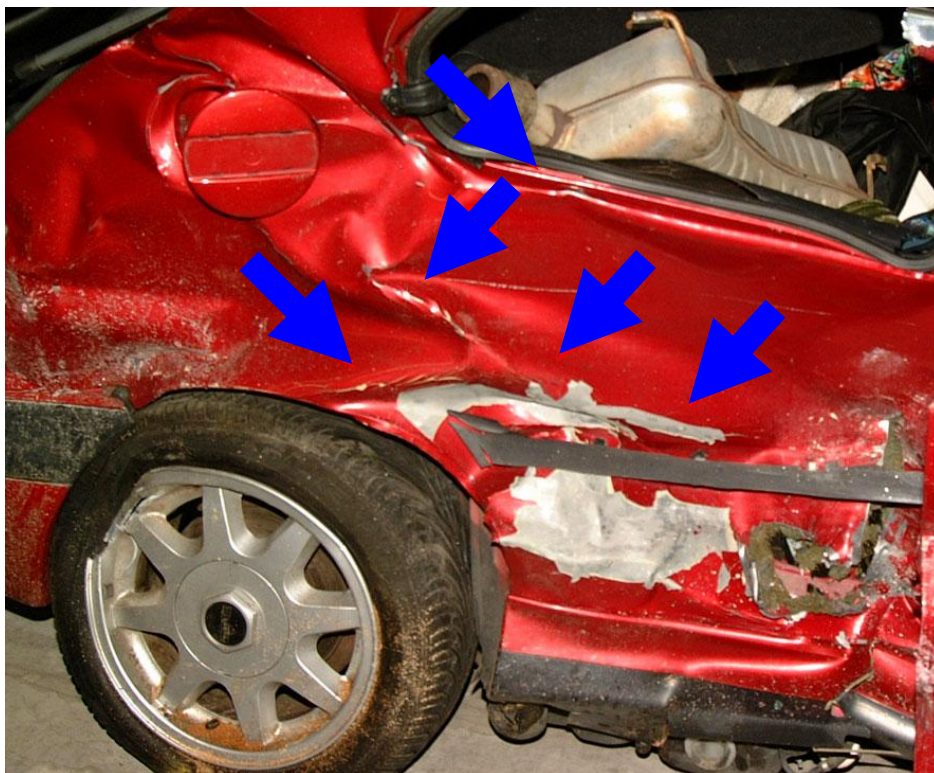


Figure 36 : Détachement de la peinture dans les zones où la tôle est fortement déformée (angle aigu) – 3/3.

4.2. Matériel et méthodes de travail

Le matériel recueilli a été choisi parmi le vaste choix de morceaux de carrosseries peintes¹ présent à l'Institut de Police Scientifique de Lausanne. A noter que ces prélèvements proviennent principalement des études de RANZI R. et FORTINI A. A ce stade, les modèles de véhicules qui n'étaient pas représentés par au moins 3 échantillons ont été exclus pour des raisons de contrôle de la reproductibilité. Bien que le matériel ne soit pas représentatif du marché, la taille du lot a été jugée suffisante pour tenter d'en tirer des conclusions.

Au niveau de la procédure appliquée, chaque morceau de tôle a été fixé sur un étau, puis a été plié en direction de la face interne de la carrosserie à l'aide d'une pince, de manière standardisée (distance, vitesse et force contrôlées). L'angle à partir duquel la peinture se détache/craquelle a été scrupuleusement noté². Au total, 3 tests ont été effectués sur chaque échantillon afin de contrôler l'intravariabilité des mesures et chaque point des graphiques ci-dessous est la moyenne de ces 3 mesures. La méthode décrite ci-dessus a été illustrée au sein de la Figure 37 .

¹ Ces fragments de carrosseries contiennent des informations sur la marque, le modèle et l'année de mise en circulation du véhicule. Dans certains cas, des recherches ont été effectuées, principalement sur Internet [Site Web 7], afin de préciser les sous-modèles en fonction des années. En effet, les Opel Astra peuvent être de type F (1991 – 1998) ou G (1998 - 2003) par exemple.

² Un angle de 180° signifie que la peinture ne s'est pas séparée de son support.

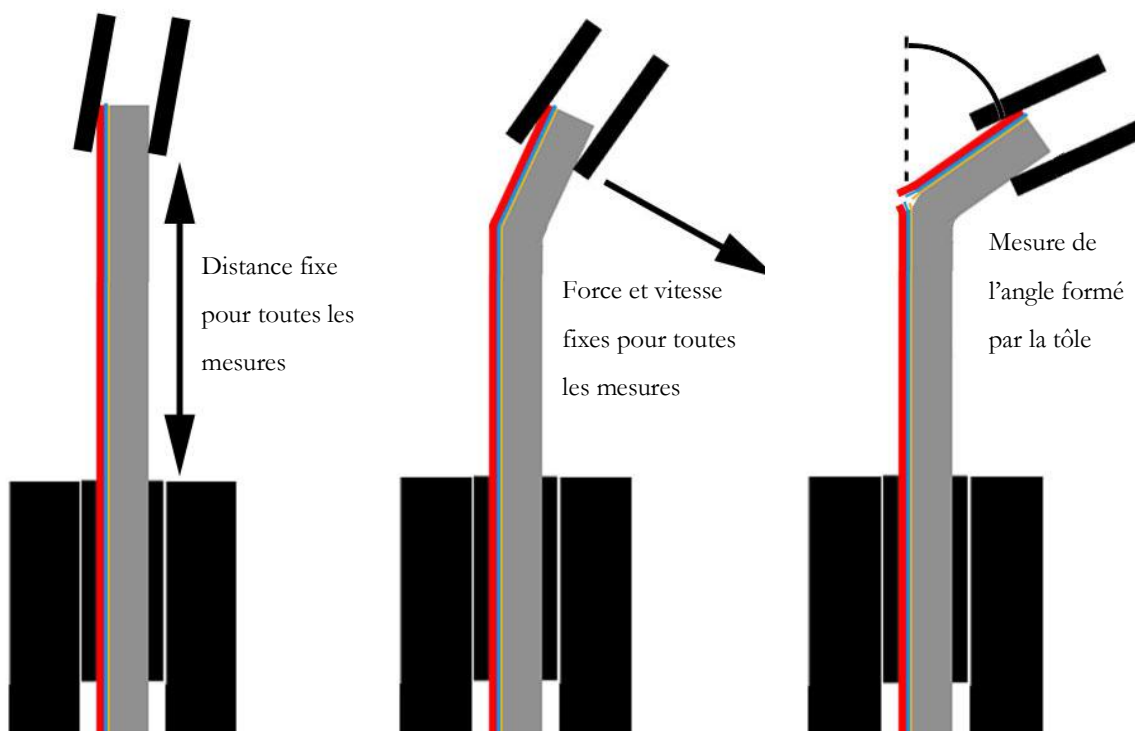


Figure 37 : Schémas illustrant l'étau, le fragment de tôle peinte et la pince, avant le pliage, durant le pliage, puis au moment du détachement (rupture) de la peinture – angle : 55° dans l'exemple ci-dessus.

A noter que lors du pliage de la tôle, le premier signe de détachement de la peinture est le craquellement de cette dernière. Une fois la peinture craquelée, elle sera très facilement transférée d'un corps à un autre sous forme de fragments. Dès lors, l'angle mesuré dans le cadre de cette étude prend en compte les premiers signes visibles de la rupture du système de peinture¹.

Une fois la tôle pliée et l'angle de rupture mesuré, un fragment de peinture a ensuite été prélevé sur chaque échantillon. Chaque fragment a été monté sur un support puis a été observé au microscope à fort grossissement. Le nombre de couches, l'épaisseur totale et la présence de retouches visibles² ont été répertoriés. L'ensemble des résultats épurés a finalement été exposé sous forme de tableau, au sein de l'Annexe 6.

Les échantillons présentant des retouches n'ont pas été inclus dans les résultats globaux. Cependant, ils ont été regroupés au sein du sous-chapitre 4.3.1.2 traitant particulièrement du problème des retouches.

¹ En cas de rupture d'une couche interne, le décollement des couches supérieures est inévitable compte tenu de la fragilité du système. Par contre, il peut arriver que les couches inférieures ne se détachent pas de la tôle alors que la couche extérieure se craquèle. Dans ce cas, l'angle est comptabilisé dès les premiers signes visibles, c'est-à-dire lors de la rupture de la couche externe (transfert de fragments incomplets).

² A noter que les retouches d'usines de bonne qualité (faible épaisseur) n'ont pas forcément pu être détectées suite à ces examens macroscopiques.

Les supports plastiques peints ont également été écartés des échantillons dans la mesure où l'adhérence peinture – plastique est très forte. En effet, il n'a pas été possible de détacher la peinture du support pour l'ensemble des prélèvements, même après 180° de flexion. La question des pare-chocs et autres parties plastiques peints est donc abordée de manière séparée dans le sous chapitre 4.3.2 .

Finalement, les échantillons jugés de mauvaise qualité, c'est-à-dire, dont la forme était très particulière ont également été ignorés dans la mesure où les tests auraient été totalement faussés. Au total, c'est donc avec 88 échantillons épurés et présentant des surfaces quasiment planes, que les tests ont pu débiter.

4.2.1. Paramètres pris en compte

Plusieurs paramètres ont été testés (1.3.2) afin de comprendre si oui ou non, ils ont une réelle influence sur l'adhérence de la peinture sur la tôle et sur la résistance des couches aux contraintes mécaniques (pliage).

La liste des variables testées a été basée sur les observations du soussigné ainsi que son expérience lors de son assistantat dans le domaine des microtraces. Ces paramètres sont décrits ci-dessous :

- Nombre de couches ;
- Épaisseur totale de la peinture ;
- Zone de la carrosserie concernée ;
- Marque et modèle du véhicule ;
- Présence ou absence de retouche ;
- Type de peinture (unie ou métallisée) ;
- Année de fabrication.

Les graphiques de la partie "observations et résultats" exposent l'influence de ces paramètres sur l'angle de cassure du système. Dans la mesure où l'épaisseur d'un système multicouche est susceptible d'influencer fortement l'angle de cassure, il a été décidé d'exposer cette variable sur l'axe des abscisses, de manière à ce qu'elle soit toujours présente lorsque les 6 autres variables sont testées.

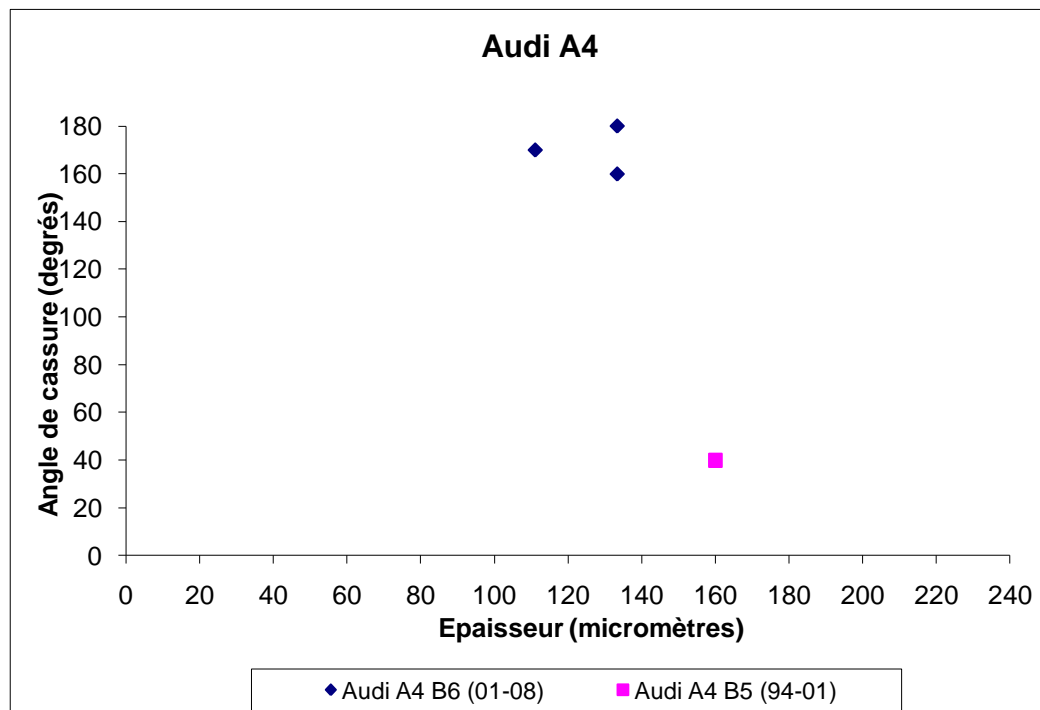
4.3. Observations et résultats

4.3.1. Carrosseries métalliques

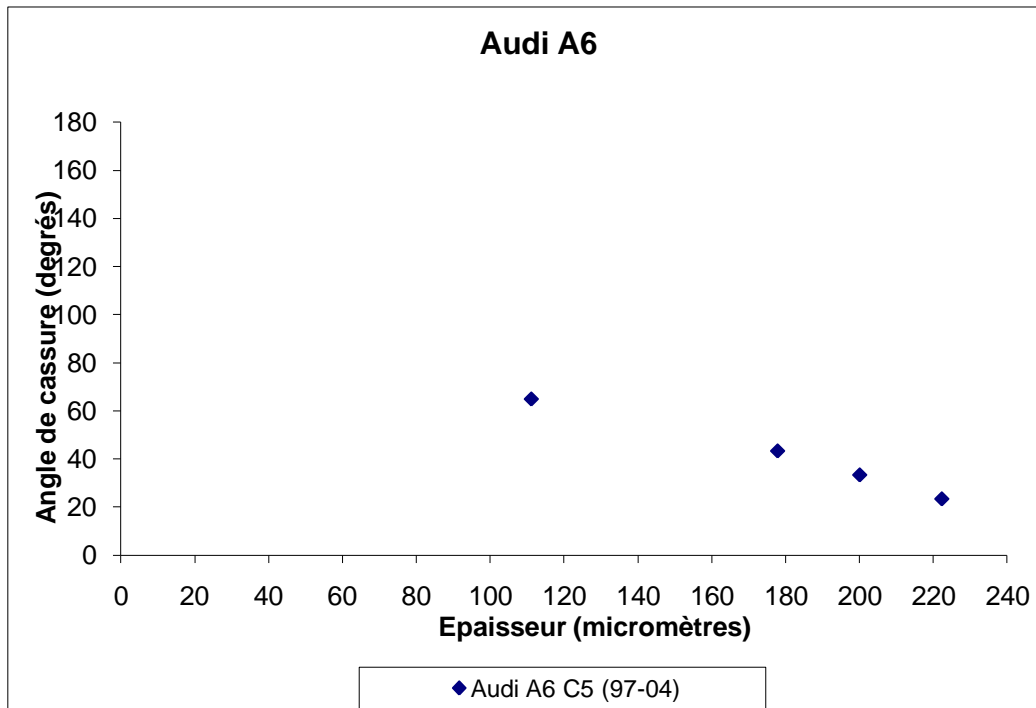
4.3.1.1. Marque et modèle

La zone de carrosserie sur laquelle les prélèvements ont été effectués n'est mentionnée que dans le Graphique 38 traitant de la globalité des échantillons. Cette indication n'est donc pas reprise pour chaque marque/modèle illustré ci-dessous. De même les observations globales sur l'influence de la marque et du modèle ne sont mentionnées qu'à la fin du sous-chapitre 4.3.1.1 .

4.3.1.1.1. Audi

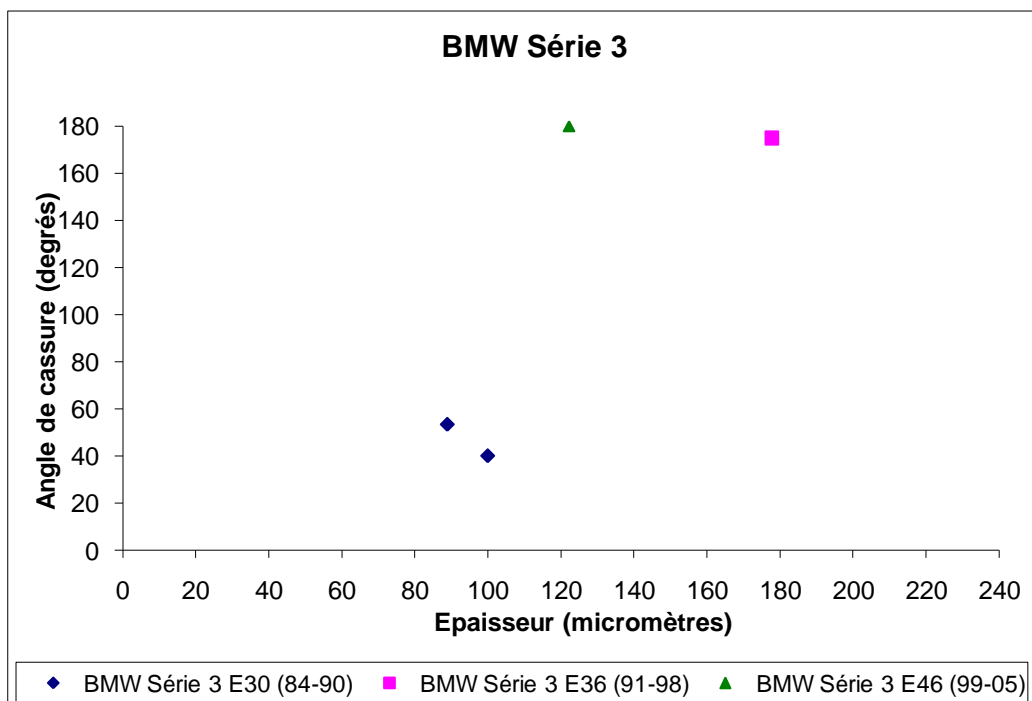


Graphique 18 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Audi A4.



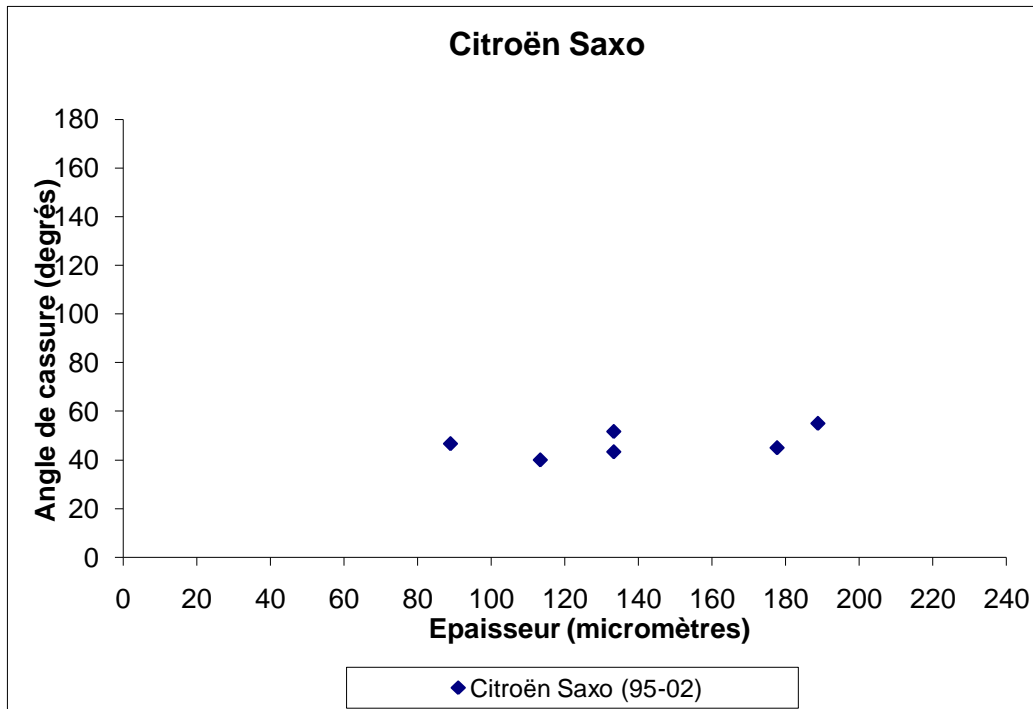
Graphique 19 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Audi A6.

4.3.1.1.2. BMW



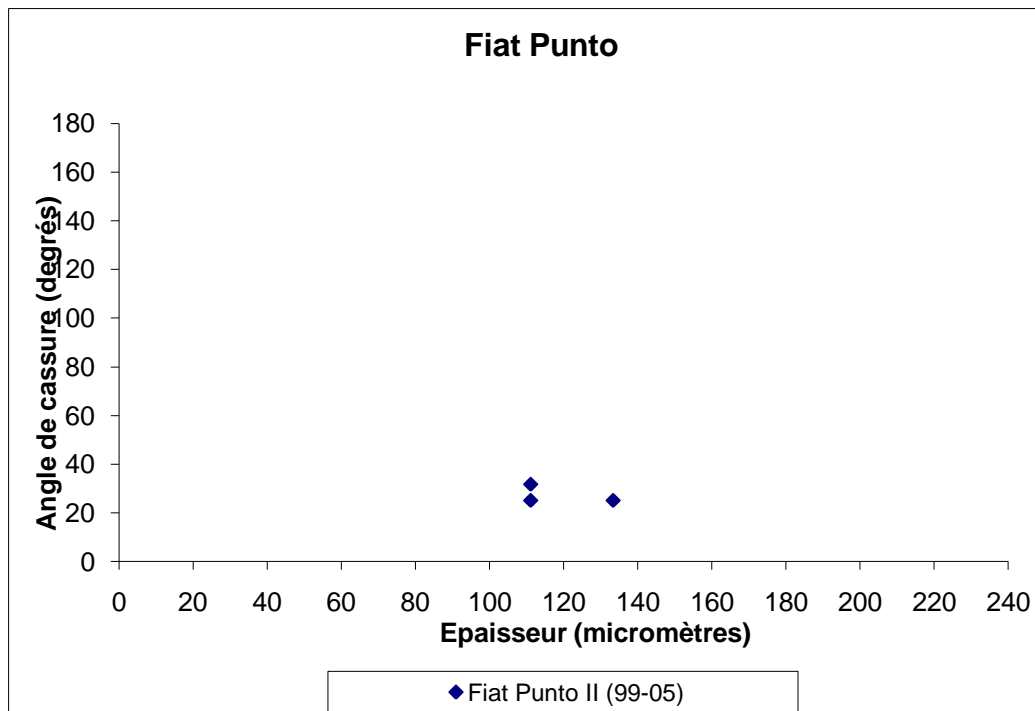
Graphique 20 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle BMW Série 3.

4.3.1.1.3. Citroën

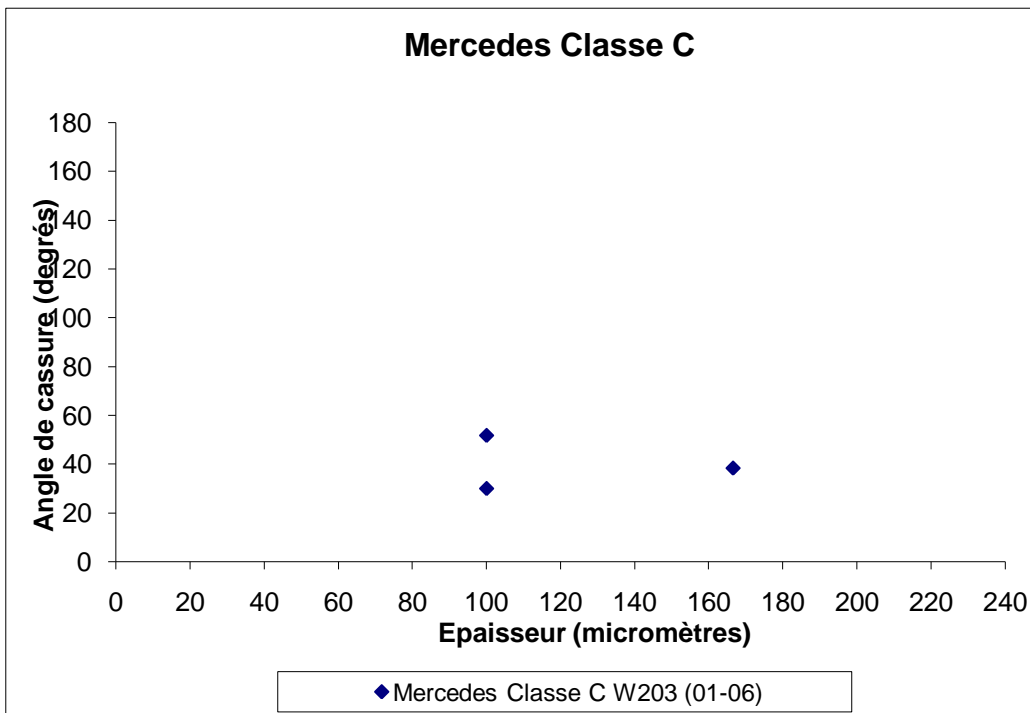


Graphique 21 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Citroën Saxo.

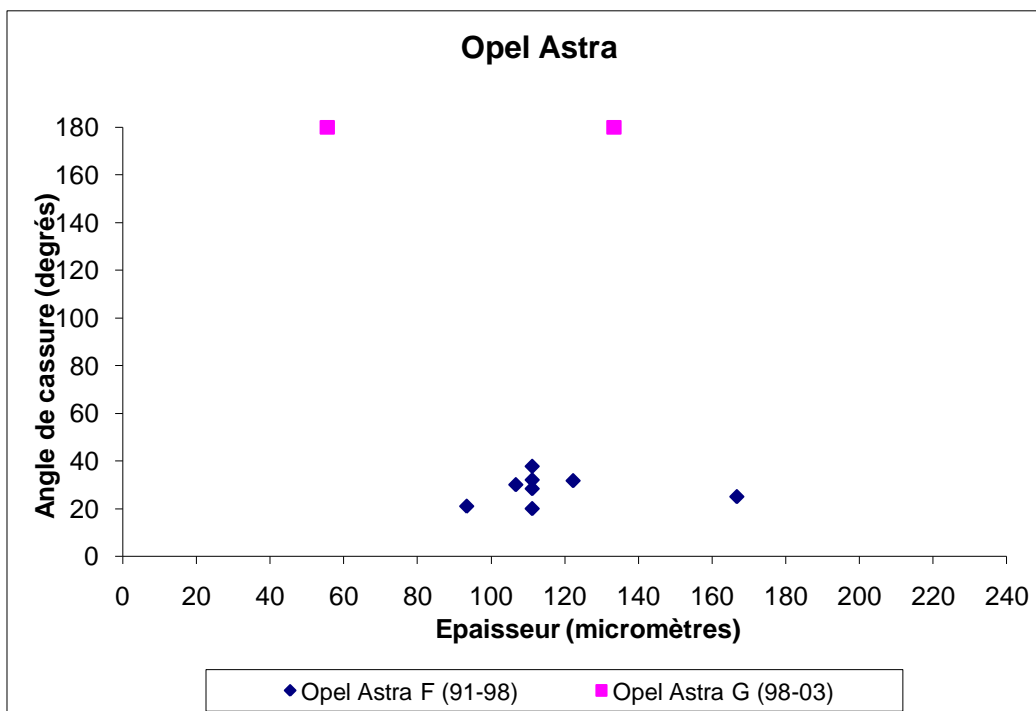
4.3.1.1.4. Fiat



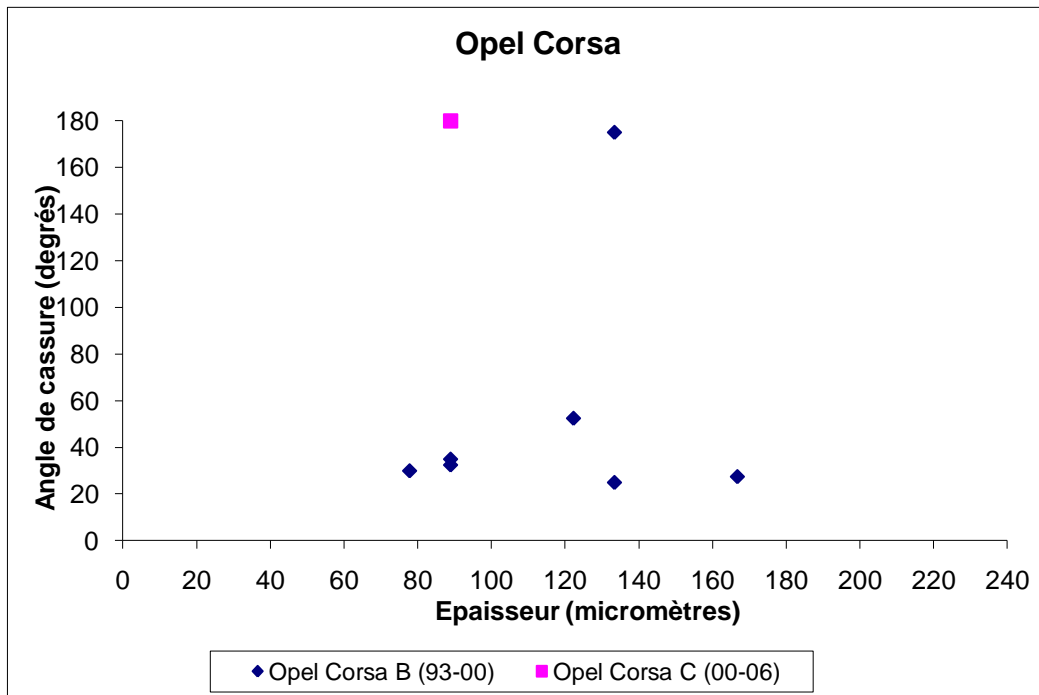
Graphique 22 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Fiat Punto.

4.3.1.1.5. Mercedes

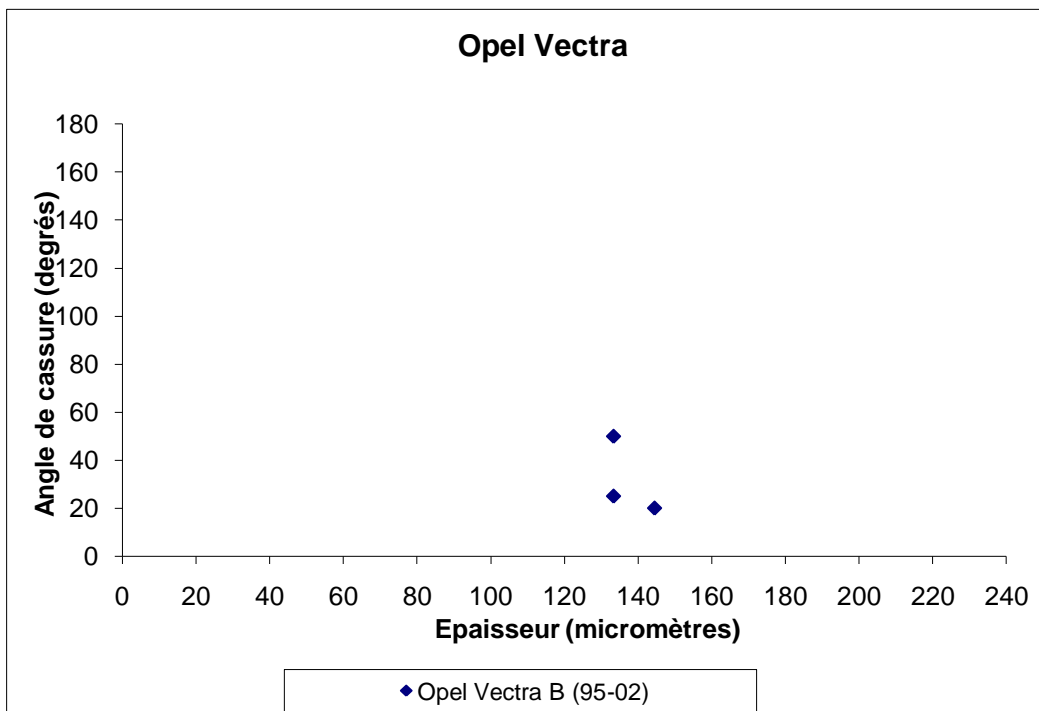
Graphique 23 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Mercedes Classe C.

4.3.1.1.6. Opel

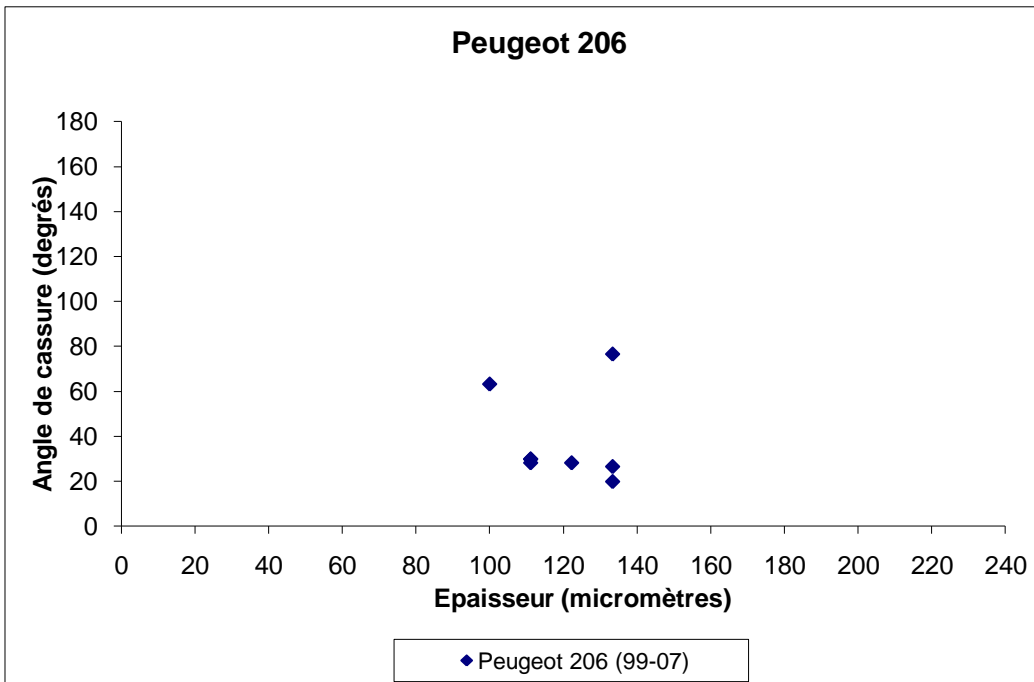
Graphique 24 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Opel Astra.



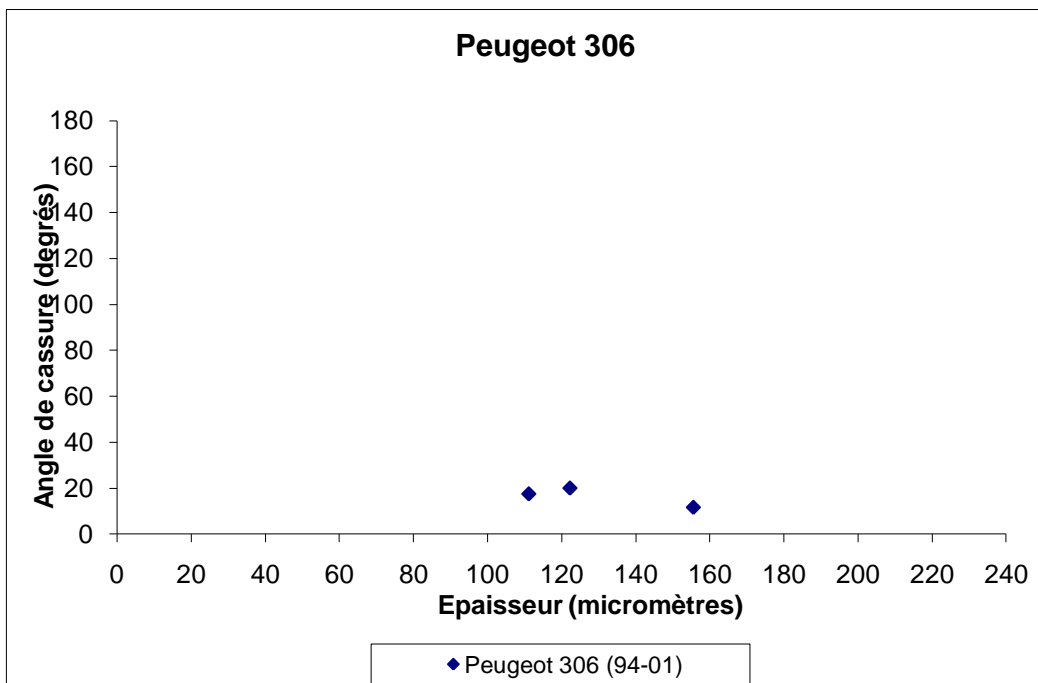
Graphique 25 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Opel Corsa.



Graphique 26 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Opel Vectra.

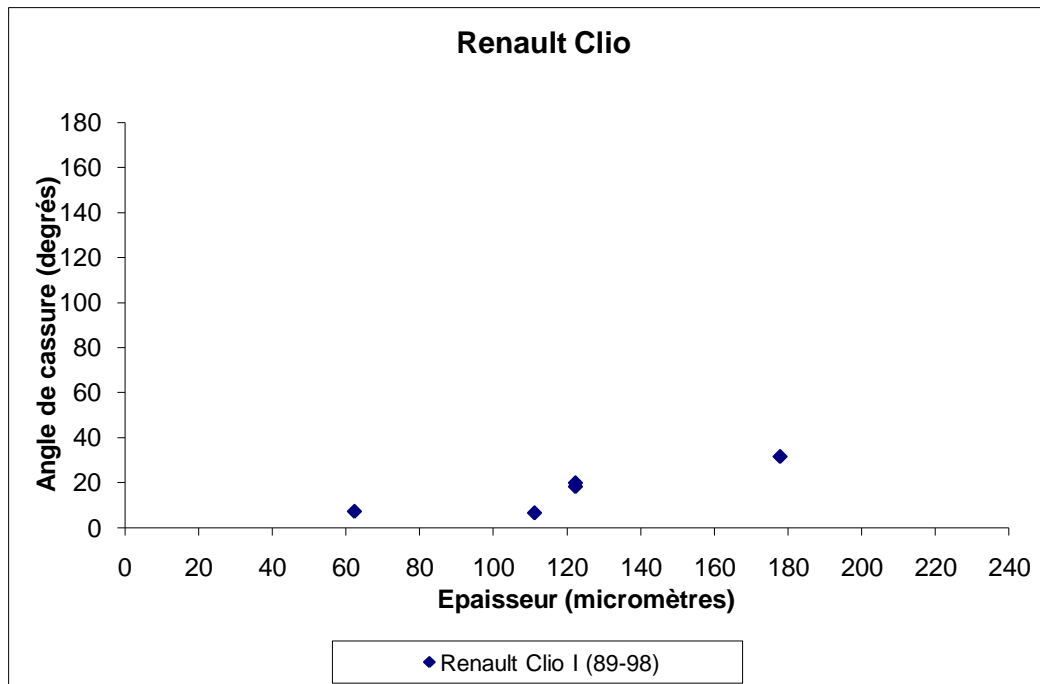
4.3.1.1.7. Peugeot

Graphique 27 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Peugeot 206.



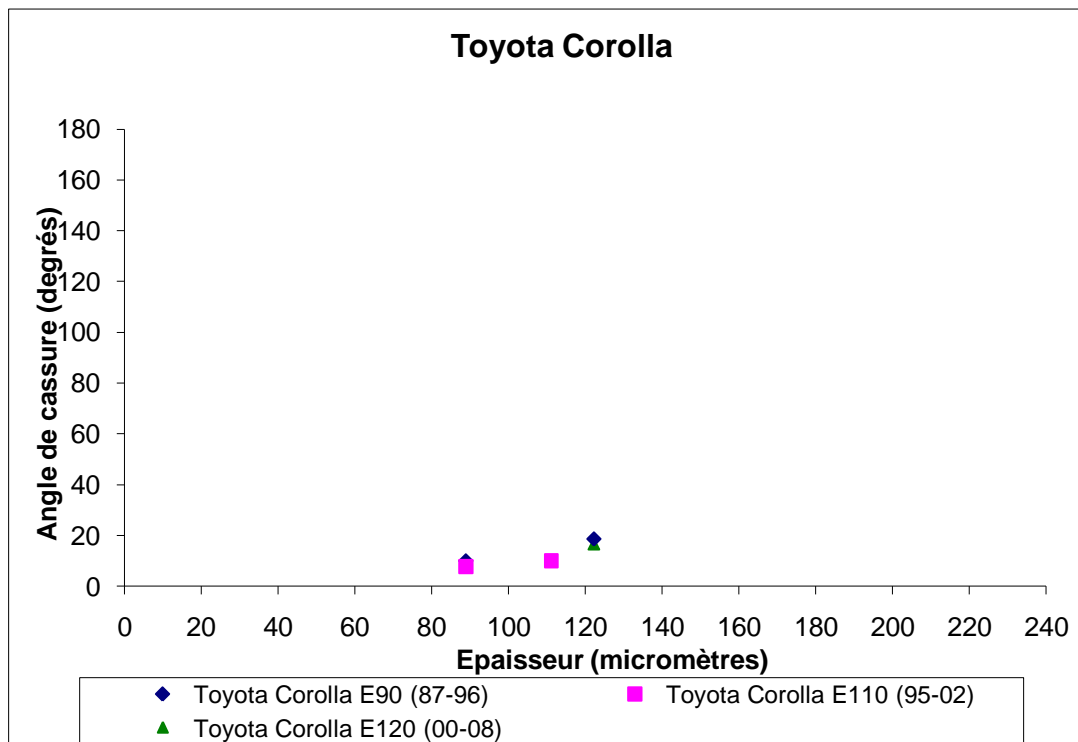
Graphique 28 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Peugeot 306.

4.3.1.1.8. Renault

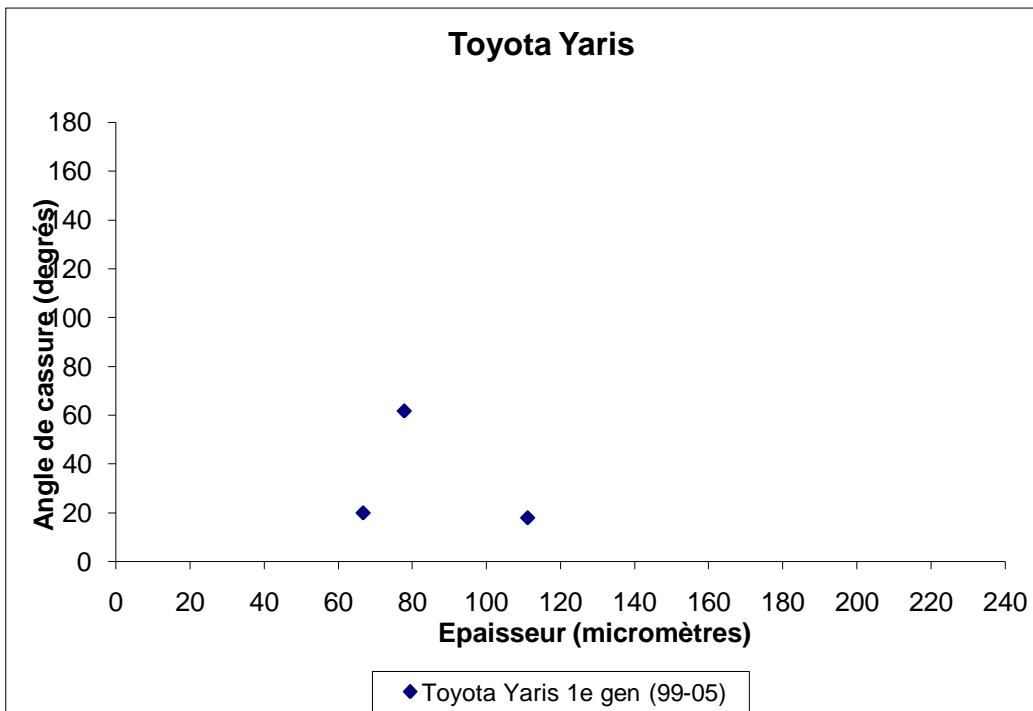


Graphique 29 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Renault Clio.

4.3.1.1.9. Toyota

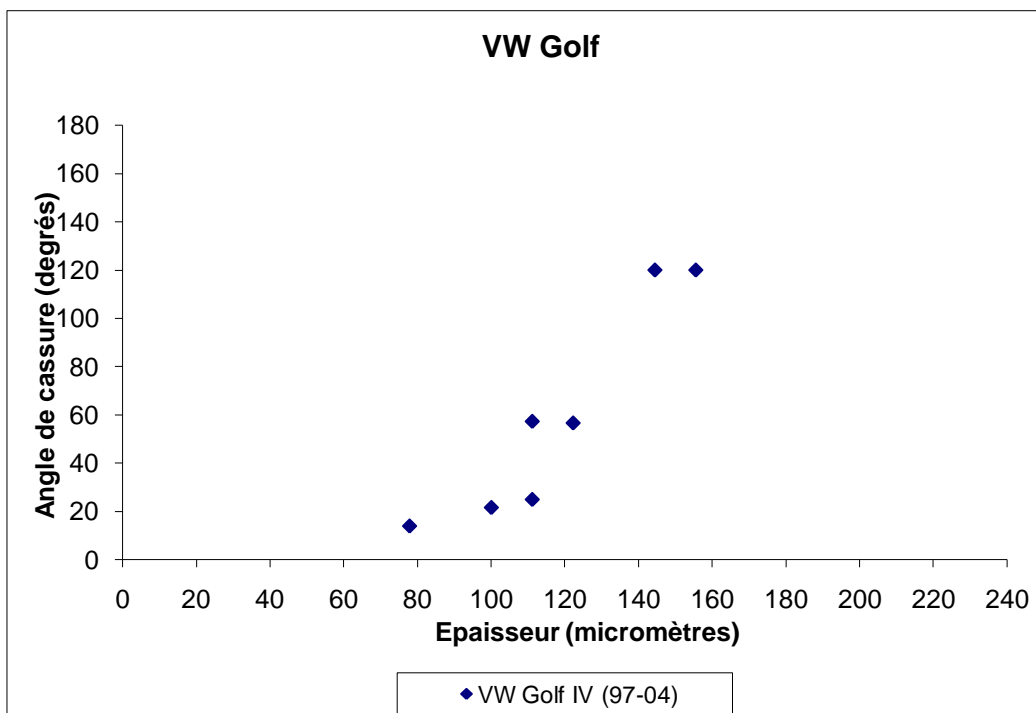


Graphique 30 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Toyota Corolla.

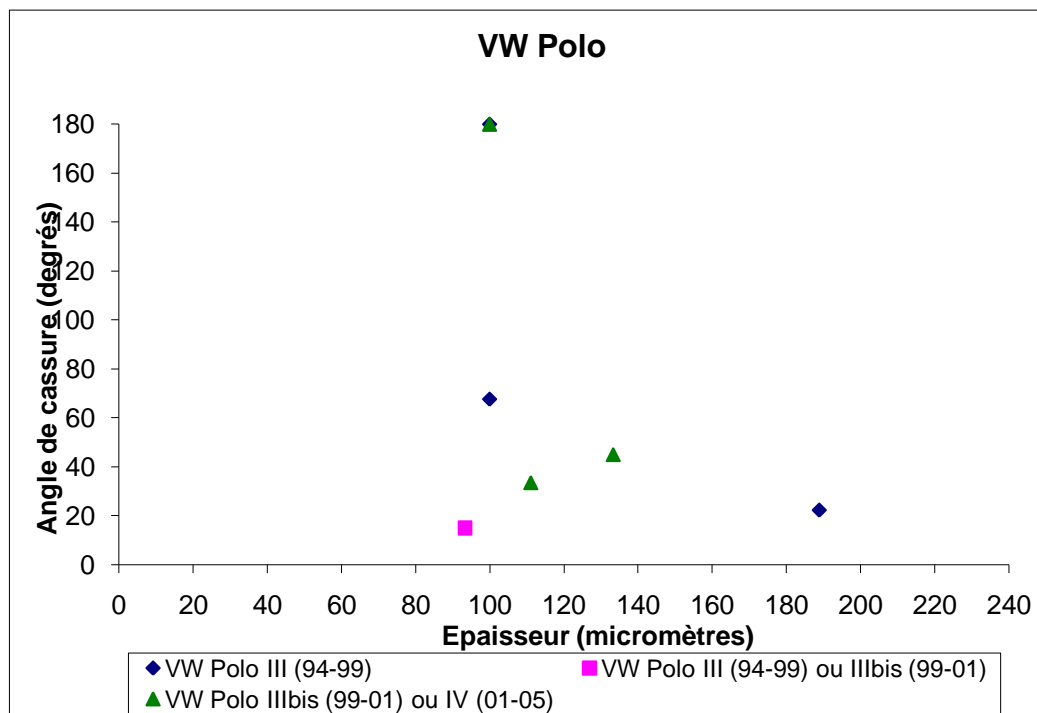


Graphique 31 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle Toyota Yaris.

4.3.1.1.10. Volkswagen (VW)



Graphique 32 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle VW Golf.



Graphique 33 : Angle de cassure et épaisseur pour les véhicules de marque et modèle VW Polo.

Les analyses menées sur les 10 marques, 18 modèles et 25 sous-modèles ont permis d'établir que le type de modèle influence grandement l'angle de cassure du système de peinture lors du pliage de la tôle. Néanmoins, il a également été démontré que la variation de l'épaisseur d'un système n'est pas toujours corrélée à la fragilité de ce dernier. De plus, il est difficile de déterminer dans quel sens ces deux variables sont liées, lorsqu'elles le sont. Le Graphique 19 et le Graphique 32 illustrent cette problématique avec deux courbes qui sont contradictoires (ascendante et descendante) et on observe que ces deux groupes se comportent différemment. La corrélation entre épaisseur du système et angle de cassure dépend donc fortement du constructeur et de l'épaisseur de chaque couche, mais également d'autres variables moins faciles à contrôler, telles que notamment la composition de chacune des couches formant le système.

Au sein de l'ensemble des 88 échantillons traités, 4 marques parmi les 10 étudiées comportent certains échantillons dont le transfert peut s'avérer extrêmement difficile en cas de choc de faible intensité. Il est très intéressant de constater qu'il s'agit de 4 marques allemandes : BMW, Audi, VW et Opel. Certains modèles de ces 4 marques ont en effet des angles mesurés de 180°, ce qui signifie qu'aucun signe de détachement de la peinture (craquellement ou cassure) n'a été observé par pliage.

D'autres graphiques présentent un angle de rupture extrêmement faible (de l'ordre de 20°), ce qui induit un détachement rapide de la peinture et donc un transfert très aisé sous forme de fragments à la moindre déformation. Tel est le cas notamment des véhicules de types Fiat Punto

II : 1999 à 2005 (Graphique 22), Peugeot 306 : 1994 à 2001 (Graphique 28), Renault Clio : 1989 à 1998 (Graphique 29) et Toyota Corolla E90, E110 et E120 : 1987 à 2008 (Graphique 30).

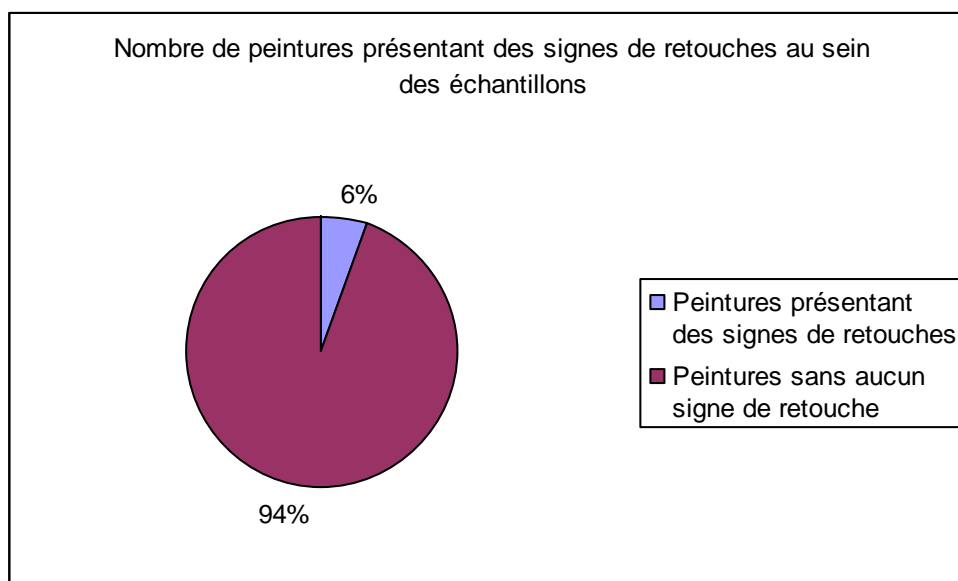
Finalement, l'exemple des véhicules de marque et modèle Opel Astra est très intéressant et mérite d'être souligné dans ce paragraphe. Avec 10 échantillons analysés, ce groupe de véhicules forme l'échantillonnage le plus complet de cette étude. Deux sous-modèles ont été répertoriés, il s'agit des Astra F (1991 – 1998) et G (1998 – 2003). Les tests pour ces deux sous-modèles se sont révélés très reproductibles et ont indiqué une réelle modification dans la mise en peinture des Astra à partir de 1998. Abstraction faite de l'épaisseur, les Astra F sont en général peu résistantes aux déformations de la tôle. En effet, aucune peinture ne dépasse 38° et leur moyenne se situe aux environs de 28°, ce qui est considéré comme très faible. Les Astra G quant à elles ont subi une déformation de 180° et leur système de peinture n'a pas pu être désolidarisé du métal. Les deux échantillons testés¹ indiquent donc que le sous-modèle plus récent (G) semble très peu propice au transfert de fragments de peintures lors d'un choc de faible importance.

4.3.1.2. Retouche

Les résultats des tests précédents (4.3.1.1), basés sur les marques et modèles, ont été obtenus sans prendre en compte les peintures dont une retouche avait été constatée lors de la mesure de l'épaisseur au microscope. Au total, comme le montre le Graphique 34 , sur 88 échantillons, 5 ont présenté des retouches visibles².

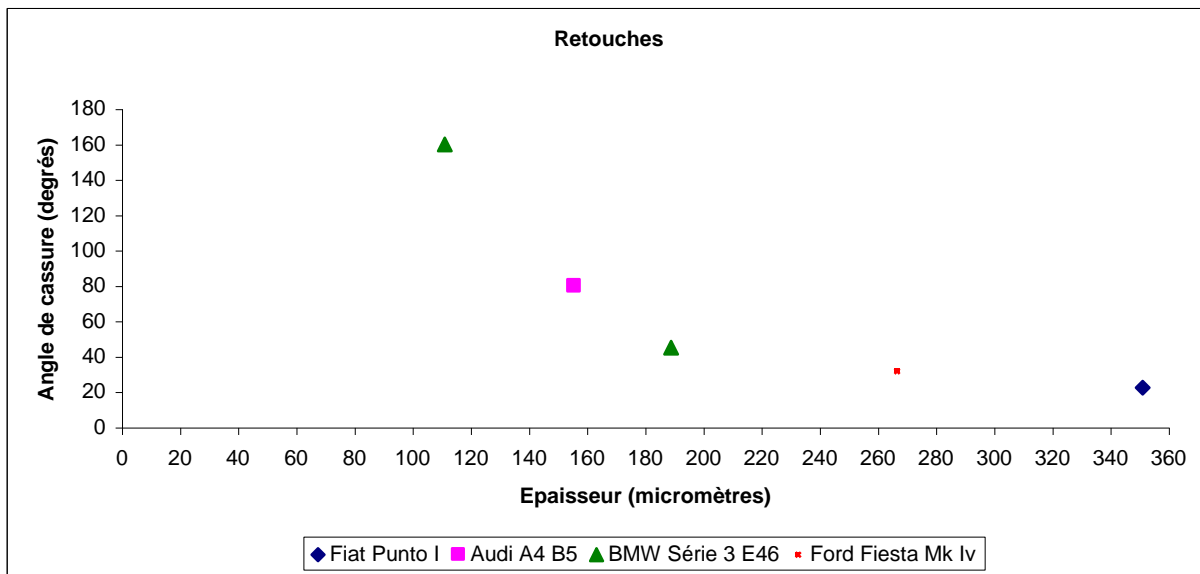
¹ Avec trois mesures par échantillon.

² Certaines retouches de très bonne qualité (dont une partie des retouches d'usine) sont difficiles à détecter au microscope. A relever que les peintures n'ont pas fait l'objet d'une coupe microtomique, puis d'une inclusion dans une résine. Toutefois, la précision des mesures au microscope, à fort grossissement, a été jugée suffisante.



Graphique 34 : Pourcentage de peintures présentant des signes de retouches au macroscopie (N = 88).

Bien que ces 5 échantillons ne puissent pas être considérés comme réellement représentatifs du fait de leur faible nombre, il a néanmoins été décidé d'observer leur épaisseur et angle de rupture (Graphique 35). Tout d'abord, ces 5 échantillons ont montré une intravariabilité très faible. Les 3 mesures effectuées sur chaque fragment de tôle se sont en effet avérées très proches ($\pm 5^\circ$). Ainsi placées sur un même graphique, ces données permettent d'inférer que plus la retouche est fine, plus elle résiste à la déformation de la tôle. Cette hypothèse n'est pas vraiment surprenante dans la mesure où les 5 peintures utilisées présentaient des retouches visibles au macroscopie et donc relativement grossières. Dès lors, il est probable que la composition de ces dernières ne soit pas de bonne qualité et induise un aspect cassant, proportionnel à son épaisseur, à l'ensemble du système de peinture.



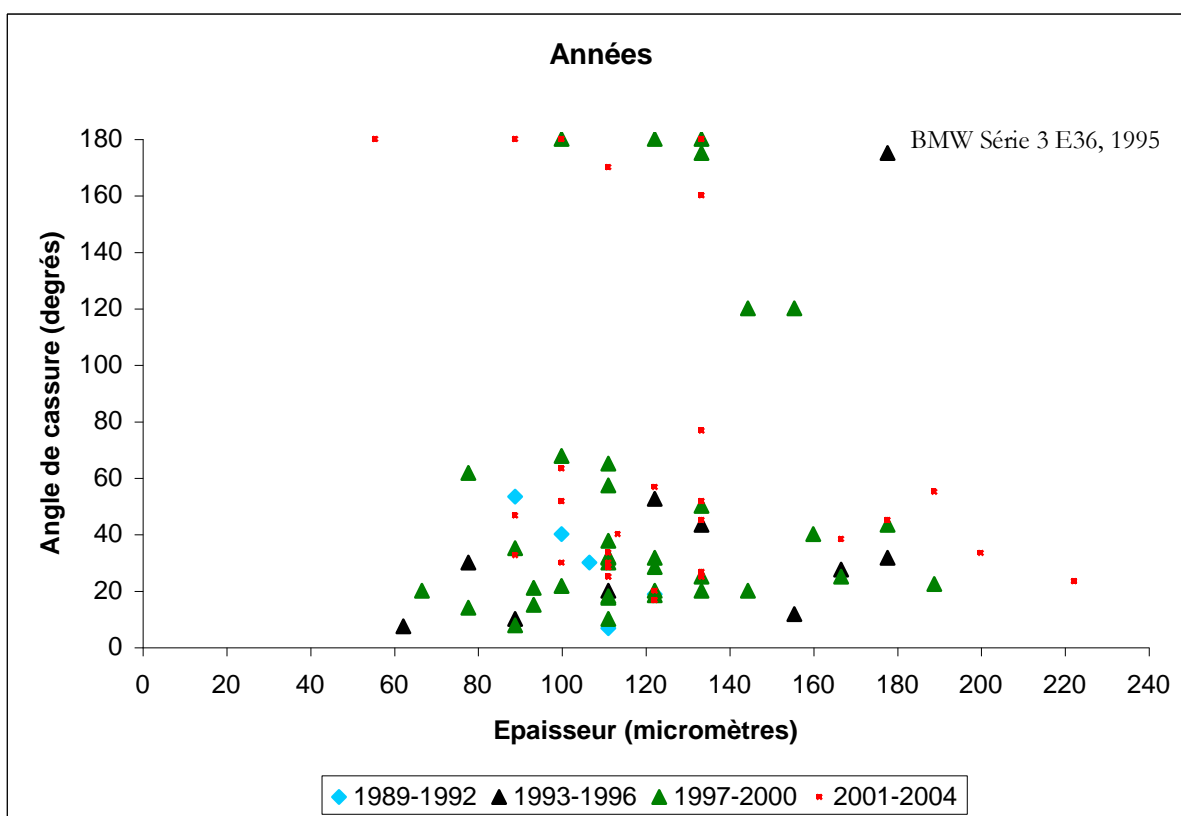
Graphique 35 : Angle de cassure et épaisseur pour les échantillons provenant de véhicules de toutes marques et sur lesquels une retouche a été observée.

Au terme de l'analyse des peintures retouchées, il s'avère que l'épaisseur de la retouche semble corrélée à l'aspect plus ou moins fragile du système de peinture. Le modèle du véhicule quant à lui, semble agir de manière secondaire, dans la mesure où la retouche semble dicter, de manière quasi indépendante, la fragilité du système.

4.3.1.3. Année de mise en peinture

Dans le but de tester l'influence de l'année de mise en peinture des véhicules sur la fragilité de leur système face aux déformations de la tôle, l'ensemble des échantillons non retouchés a été utilisé. Les résultats des analyses de ces peintures ont été compilés au sein du Graphique 36 ci-dessous.

Dans la mesure où les échantillons récoltés concernaient des années de mise en peinture allant entre 1989 et 2004, il a été décidé (pour une meilleure lisibilité) de les classer en 4 groupes principaux regroupant chacun 4 années consécutives (1989 – 1992, 1993 – 1996, 1997 – 2000 et 2001 – 2004).



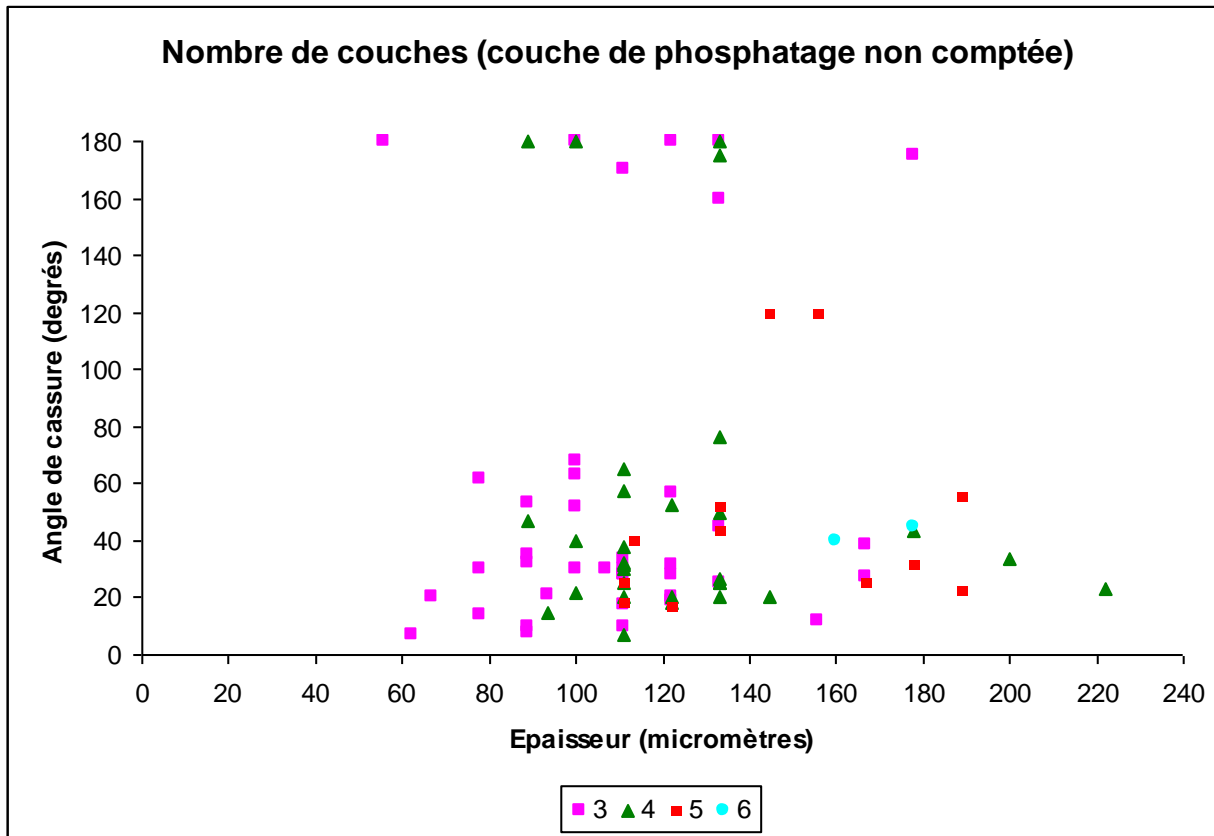
Graphique 36 : Angle de cassure et épaisseur de la peinture en fonction des années de mise en circulation des véhicules.

En substance, les résultats montrent que toutes les années de mise en peinture possèdent des systèmes très fragiles. En effet, certains angles de rupture sont très faibles, même pour des véhicules relativement récents. Toutefois, il est intéressant de constater qu'avant 1997, un seul échantillon de peinture possède un angle de rupture élevé et donc une forte résistance à la déformation. Il s'agit d'un véhicule de type BMW Série 3 E36, de 1995 (angle de cassure : 175°). Tous les autres véhicules qui dépassent les 100° d'angle de rupture sont plus récents que 1997.

4.3.1.4. Nombre de couches

De la même manière que pour les années de mise en circulation, l'ensemble des échantillons non retouchés (N=83) a été étudié pour déterminer l'influence du nombre de couches sur la fragilité d'un système de mise en peinture.

Dans la mesure où les observations macroscopiques des tranches des fragments de peinture n'ont pas permis la mise en évidence des couches de phosphatage, cette dernière n'a pas été prise en compte¹.



Graphique 37 : Angle de cassure et épaisseur en fonction du nombre de couches de peintures (sans le phosphatage).

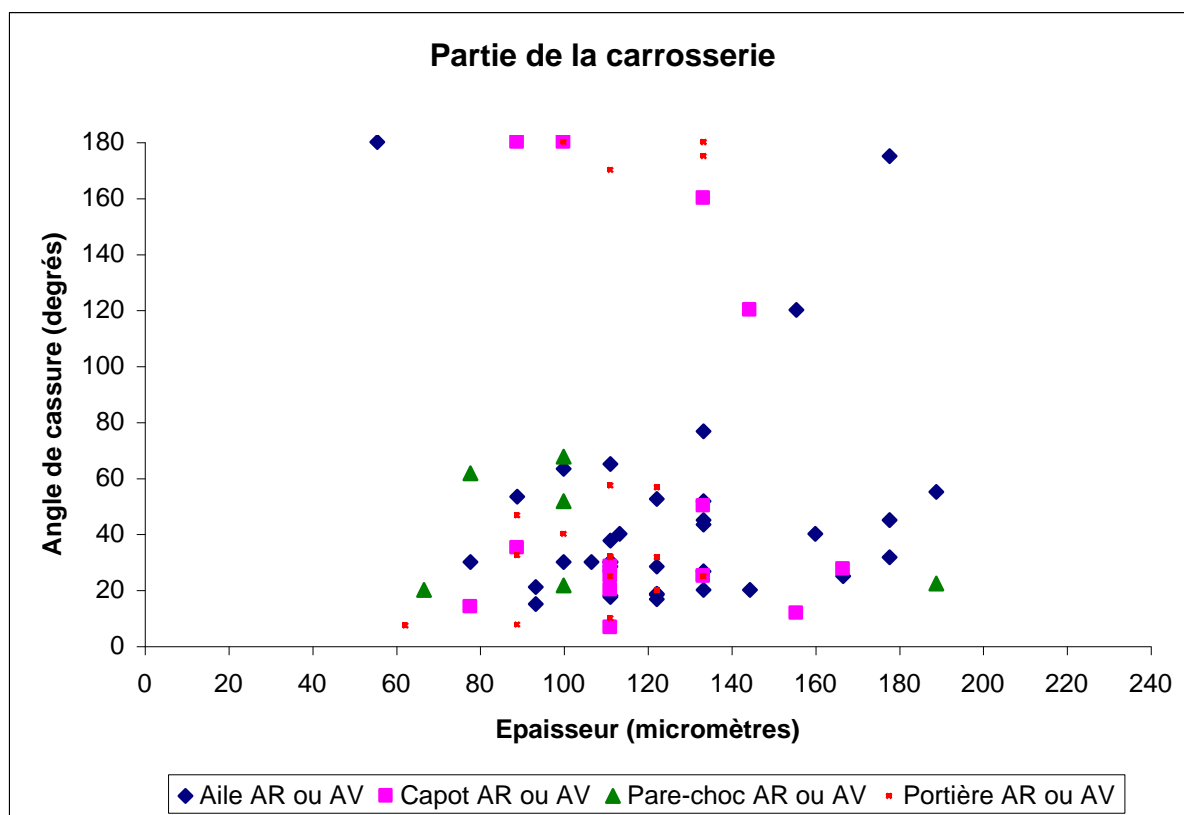
Comme le montre le Graphique 37, les systèmes de peinture multicouche étudiés possèdent entre 3 et 6 couches (sans compter la couche de phosphatage). Des peintures très fragiles sont retrouvées pour l'ensemble des systèmes et ce, peu importe le nombre de couches présentes. Ce graphique montre qu'au-delà d'un angle de rupture de 140°, aucun système de plus de 4 couches n'est retrouvé. Toutefois, aucune extrapolation ne peut être faite sur la base de cette observation dans la mesure où le nombre d'échantillons dans chaque groupe est sensiblement différent.

4.3.1.5. Type de pièces sur la carrosserie

Encore une fois, l'ensemble des données portant sur les peintures non retouchées a été utilisé pour visualiser l'éventuel impact du type de pièces de carrosserie sur lequel les échantillons ont

¹ La faible épaisseur de cette couche (1 à 3 microns) n'influence par ailleurs très probablement pas la fragilité du système.

été prélevés. Toutefois, 8 échantillons ont été exclus de ce graphique dans la mesure où la zone de carrosserie concernée était inconnue.



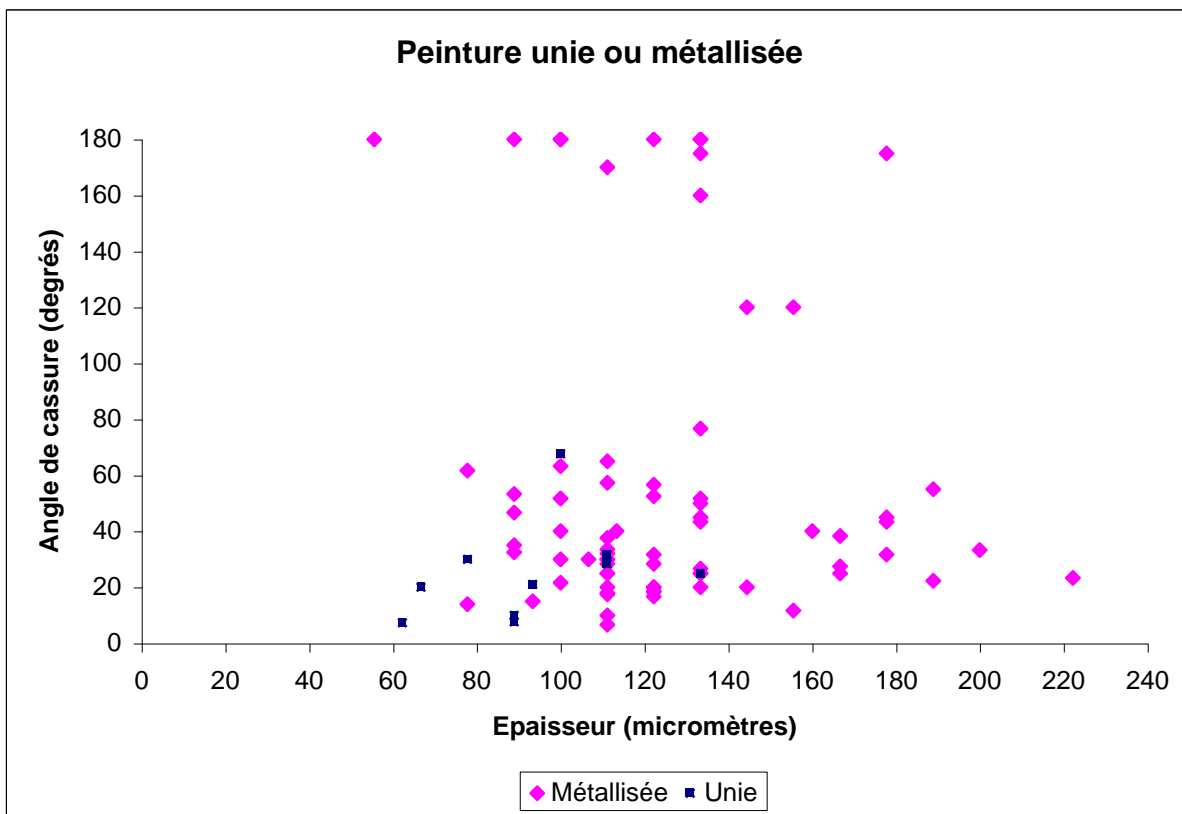
Graphique 38 : Angle de cassure et épaisseur en fonction de la zone du prélèvement sur la carrosserie.

Le Graphique 38 relate ces résultats et il s'avère qu'il est extrêmement difficile d'en tirer des conclusions valides. En effet, l'angle de cassure et l'épaisseur des fragments ne semblent pas directement corrélées à la partie de carrosserie sur laquelle le prélèvement a été effectué.

4.3.1.6. Peinture unie ou métallisée

Le dernier graphique de ce chapitre est basé sur la finition des peintures. Il est intéressant de prendre également en compte le Graphique 37 (nombre de couches) pour interpréter les résultats obtenus. En effet, seules des peintures métallisées, dont le nombre de couches est de 3 ou 4 (sans la couche très fine de phosphatage) possèdent une résistance très importante aux déformations de la tôle (angle supérieur à 140°).

Les peintures unies observées quant à elles, sont en général d'épaisseur moyenne à fine (moins de 140 microns) et restent assez facilement détachables de leur support métallique, lorsque celui-ci subit une contrainte de pliage.



Graphique 39 : Angle de cassure et épaisseur en fonction de la finition de la peinture (unie ou métallisée).

4.3.2. Plastiques

Les échantillons de peinture avec supports plastiques ont été écartés des tests. La première raison est due au fait que le plastique se comporte de manière très différente du métal en cas de pliage. Ce dernier est en effet très difficile à tordre et, le cas échéant s'allonge et se fragilise énormément. Le plastique étant un matériau très mou, il ne forme pas d'angles aussi aigus que le métal. De plus, aucun fragment complet ou partiel de peinture n'a pu être détaché des supports plastiques, même après pliage. Seule la technique du grattage a permis de récolter de la peinture, ce qui rend les mesures d'épaisseur et la comptabilisation des couches très compliquées.

Du fait de sa forte adhérence aux supports synthétiques, il est possible d'émettre l'hypothèse que la peinture appliquée sur les plastiques ne laisse que peu de fragments dans les chocs de faible vitesse. En présence de ce type de supports, les tests préliminaires effectués suggèrent donc un transfert orienté principalement sur des traces de type glissé.

4.3.3. Autres phénomènes influençant le transfert

Jusqu'à présent, l'ensemble des observations a été basé sur les propriétés de la peinture du véhicule donneur. Le but de ce sous-chapitre est d'apporter une brève réflexion sur l'ensemble du

contact, c'est-à-dire également sur les propriétés du véhicule ou de l'objet appelé « récepteur de traces »¹ et sur l'incidence, c'est-à-dire la configuration du choc.

Lorsqu'un véhicule en heurte un autre, certaines surfaces sont plus propices au transfert de matière. Tel est le cas par exemple des pots d'échappements qui sont particulièrement chauds et coupants. Ces derniers retiennent en conséquence très facilement de la peinture ou des matières plastiques.



Figure 38 : Exemple de transfert de peinture sur un pot d'échappement chaud.

Le type de matériaux impliqués est également important pour l'estimation du transfert. Une surface très solide va donc subir un transfert d'une quantité de matière supérieure à celui d'une surface molle et déformable. En effet, la surface moins rigide provoquera moins de contrainte à la tôle du véhicule donneur et donc provoquera des déformations moins grandes. Dans le même ordre d'idée, une surface rugueuse sera un meilleur récepteur de traces qu'une surface lisse. L'exemple ci-dessous (Figure 39 et Figure 40) montre que sur une surface lisse, la proportion de traces glissées par rapport aux fragments est plus importante que sur une surface rugueuse.

¹ L'adjectif « récepteur de traces » concerne aussi bien un véhicule, qu'un piéton ou un mur. Il va de soi que dans un accident de la circulation, chaque objet fixe ou protagoniste (véhicule ou piéton) est à la fois donneur et récepteur de traces. Cependant, pour ne pas alourdir les propos, la problématique des transferts croisés n'est pas rappelée dans ce chapitre. Malgré cela, les conclusions apportées sur le transfert des traces sont valables dans un sens comme dans un autre.



Figure 39 : Traces glissées sur un mur lisse.



Figure 40 : Fragments de peinture et traces glissées sur un mur rugueux.

Les surfaces anguleuses/rugueuses peuvent également être retrouvées sur un véhicule heurté. En effet, la tôle déformée prend des angles très forts et peut donc être un excellent récepteur de traces. De même, les bris de verre ou de plastique (optiques ou clignotants par exemple) sont

d'excellents récepteurs de traces et arrachent fréquemment des fragments de peinture au véhicule donneur (Figure 41).



Figure 41 : phare en verre brisé.

L'ensemble de ces informations est très utile dans la mesure où cela permet d'orienter les recherches de traces sur les véhicules/piétons/objets heurtés. Toutefois, il convient de garder à l'esprit que le transfert de traces est naturellement fortement corrélé au type de contact entre les surfaces, à leur violence et à la configuration du choc (incidence) : vitesse de l'impact, caractère élastique du choc, etc. En effet, en guise d'exemple, un frottement entre deux carrosseries est plus propice au transfert de traces glissées alors qu'un impact direct est favorable pour un transfert de fragments.

4.4. Remarques finales

Toute la difficulté des recherches de traces sur les lieux est de savoir à quoi s'attendre au niveau du nombre et du type de traces potentiellement présentes. Cette démarche permet d'orienter au mieux les efforts et donc de gagner un temps précieux et compté sur une scène d'accident. Lorsque le type de contact entre deux véhicules est connu, il est donc utile de savoir si de la peinture a été transférée et si oui, où faut-il la rechercher, sous quelle forme (fragments ou traces glissées) et en quelle quantité peut-on s'attendre à la retrouver? Une partie du raisonnement qui englobe ces questions se trouve au sein de ce quatrième chapitre

Les expériences menées dans ce chapitre sont pionnières dans le domaine du transfert des peintures. Certaines voies ont été explorées et quelques tendances principales ont pu être

observées. Toutefois et compte tenu de la complexité de la tâche, il n'a pas été possible de lever le voile sur l'influence des paramètres agissant sur le transfert de peinture. En effet, en l'état, les résultats de cette étude sont considérés comme difficilement exploitables, mais ont l'avantage de souligner la problématique en apportant une pierre à l'édifice et en soulignant certains éléments importants dans le processus. A l'avenir, les efforts doivent donc être continués en testant de nouveaux paramètres afin de tenter de mieux comprendre la question du transfert des traces. Ces propositions de recherches futures sont décrites dans les derniers chapitres de cette thèse (discussion et conclusion).

Pour reprendre l'ensemble des points importants de ce chapitre, voici un rappel des éléments ayant un rôle prédominant dans le transfert des traces lors d'un contact :

Le système de peinture du véhicule donneur : La marque, le modèle et le sous-modèle (fonction de l'année de production) du véhicule donneur influencent grandement le transfert de traces. De même, le type de support (plastique ou métallique), l'épaisseur de la peinture, la présence de retouche, le nombre de couches et l'année de fabrication sont également très importants pour expliquer un transfert ou une absence de transfert de fragments. Concernant ce dernier point, la mise en peinture des vieux véhicules est plus fragile. Deux phénomènes sont responsables de cet état de fait. D'une part, l'évolution technologique des matériaux a permis d'améliorer la résistance des peintures au fil des ans. D'autre part, la dégradation des échantillons dans le temps¹ fragilise de plus en plus les revêtements. Il est toutefois difficile de déterminer laquelle de ces deux variables influence le plus la fragilité des échantillons testés.

La surface réceptrice : La dureté et la rugosité de la surface réceptrice sont importantes et modifient le transfert de traces. De même, certaines pièces de carrosserie, telles que les optiques cassées, les clignotants brisés ou encore les pots d'échappement par exemple sont d'excellents récepteurs de traces.

La configuration de choc : Le type d'impact est également très important pour expliquer un transfert ou une absence de transfert de traces. Des vitesses et/ou des angles de collisions différents impliquent donc une dispersion des traces totalement différente.

¹ UV, conditions climatiques, gel, etc. Cette deuxième hypothèse pourrait expliquer pourquoi les peintures unies adhèrent moins à la tôle que les peintures métallisées en cas de pliage (Graphique 39). En effet, les peintures unies sont en règle générale moins protégées car elles ne possèdent pas de vernis.

5. CAS PRATIQUES

5.1. Cas numéro 1 : type d'accident véhicule – véhicule

5.1.1. Contexte

Axe Lausanne – Yverdon-les-Bains

A l'arrivée des premiers intervenants, deux véhicules impliqués dans l'accident sont positionnés sur cet axe autoroutier. Le premier véhicule est un fourgon Renault Trafic arrêté contre la glissière de sécurité, à gauche de la voie de circulation. Le deuxième véhicule quant à lui est une voiture de tourisme de marque et modèle Audi A3. Cette voiture est arrêtée sur la bande d'arrêt d'urgence, en aval du fourgon. Les deux véhicules sont positionnés dans le sens de la circulation et des traces de contact sont visibles sur leur carrosserie.

Axe Yverdon-les-Bains – Lausanne

Au début des investigations sur l'axe d'autoroute en direction de Lausanne, deux camions, une camionnette ainsi que deux voitures de tourisme sont en position d'arrêt. Tous ces véhicules sont liés à l'accident.

Deux des cinq véhicules présents sur cet axe nord-sud n'ont subi que de faibles dommages et ont très vite été libérés. Il s'agit d'un poids lourd Scania P380 et d'un fourgon Toyota Hiace, tous deux arrêtés sur la bande d'arrêt d'urgence au sud-ouest de la scène. Ces véhicules, orientés dans le sens normal du trafic, n'ont pas fait l'objet d'une recherche de traces.

Le troisième véhicule est un tracteur à sellette de marque Man, fixé à une semi-remorque de marque Van Hool. Ce véhicule articulé circulait initialement sur l'axe Lausanne – Yverdon-les-Bains. Après avoir traversé la glissière centrale de sécurité et heurté plusieurs véhicules, il s'est immobilisé dans le sens contraire du flux du trafic, sur une butte située au nord-ouest de la scène de l'accident.

Les deux derniers véhicules présents sur ce tronçon sont des voitures de tourisme. Il s'agit d'une Mercedes Classe A ainsi qu'une Renault Mégane Scénic. Ces deux véhicules sont fortement déformés et sont immobilisés contre la glissière centrale. Ils ont subi, selon toute vraisemblance, un impact avec le véhicule articulé de marque Man et/ou sa semi-remorque. Relevons finalement que la Renault Mégane Scénic est positionnée dans le sens contraire du flux du trafic. La Mercedes quant à elle est orientée selon un axe nord-sud, soit dans le sens normal de circulation.



Figure 42 : Vue générale de l'accident (prise de vue en direction du Nord-Est).



Figure 43 : Deuxième vue générale de l'accident (prise de vue en direction de l'Est).

5.1.2. Mission

- Procéder à toutes les observations, mesures, recherches et prélèvements de traces sur les véhicules impliqués dans l'accident, de manière à déterminer la position des zones de contact(s) entre ces véhicules ;
- Effectuer toutes les recherches et analyses nécessaires en vue de procéder à la reconstruction de l'accident ;
- Établir le cas échéant des croquis présentant les positions relatives des différents véhicules impliqués dans l'accident.

5.1.3. Investigations

L'ensemble de ce cas a été effectué en collaboration avec la professeure G. Massonnet, l'assistante L. Gueissaz et la laborantine V. Favre de l'Institut de Police Scientifique de Lausanne.

Les cinq véhicules principaux identifiés dans cet accident ont fait l'objet d'une investigation minutieuse. Les différentes traces et déformations ont été divisées en zones, puis mesurées, photographiées et prélevées. Du matériel de comparaison a également été acquis.

Les traces et les comparaisons prélevées ont été acheminées en laboratoire et certaines d'entre elles ont été observées au macro/microscope, puis analysées par FTIR.



Figure 44 : Zones des prélèvements sur l'Audi A3.



Figure 45 : Zones des prélèvements sur la camionnette Renault Trafic.



Figure 46 : Zones des prélèvements sur le tracteur à sellette Man.



Figure 47 : Zones des prélèvements sur la semi-remorque Van Hool.

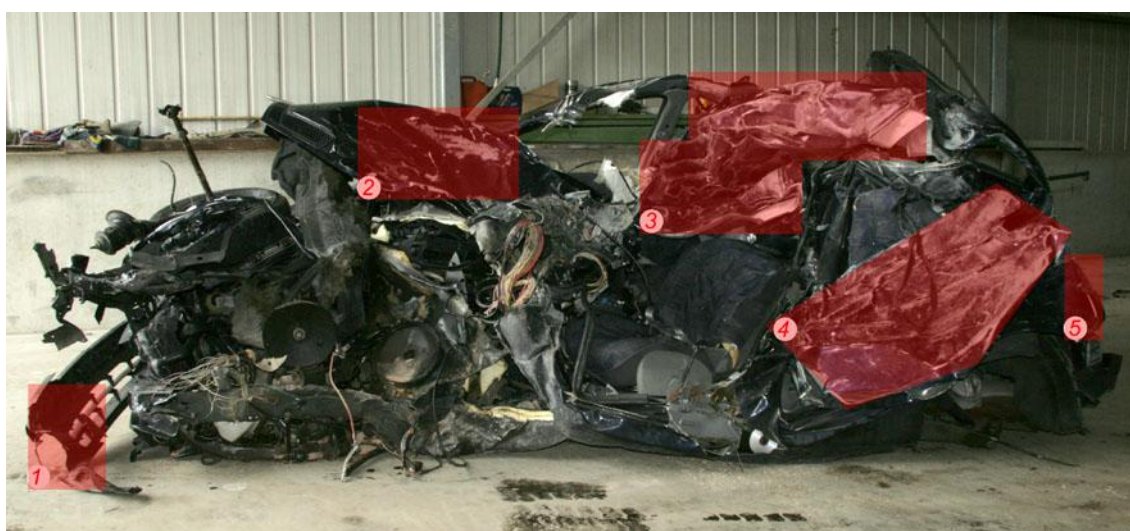


Figure 48 : Zones des prélèvements sur la Renault Mégane (1/2).



Figure 49 : Zones des prélèvements sur la Renault Mégane (2/2).

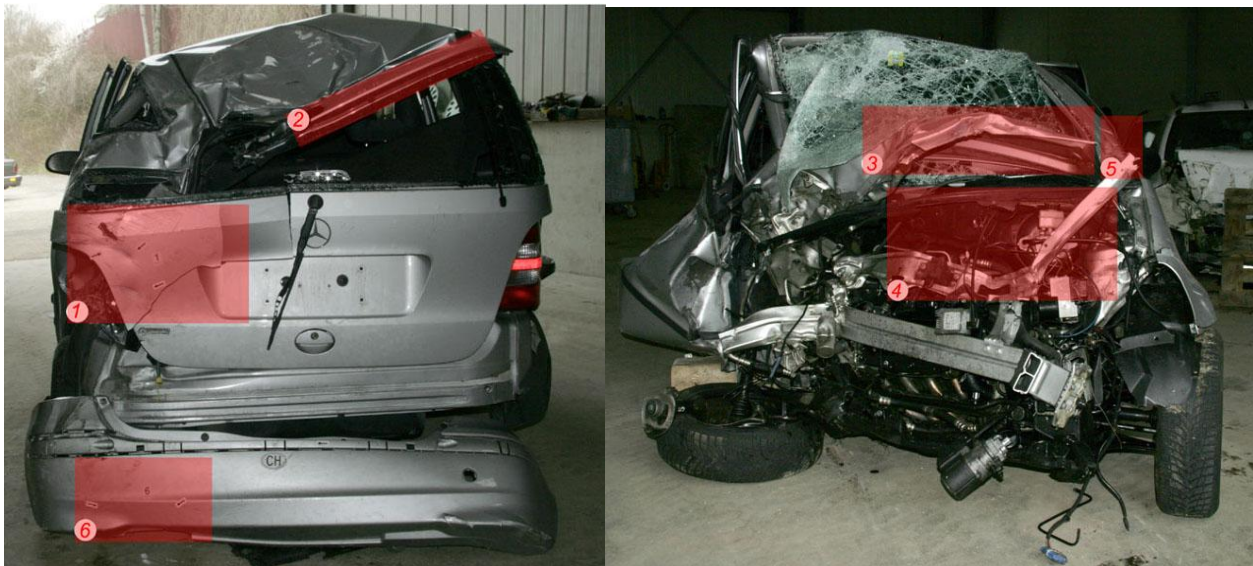


Figure 50 : Zones des prélèvements sur la Mercedes Classe A.

L'ensemble des observations et analyses a permis d'établir la configuration de choc la plus probable pour chacun des véhicules impliqués ainsi que l'ordre des impacts. Pour cela les points de contacts et les angles de choc ont été déterminés.

5.1.3.1. Collision 1



Légende Renault Trafic :

- Plastique blanc en dessus du pare-chocs avant (H = 62 - 71 cm)
- Roue avant droite (H = 0 - 67 cm)
- Pare-chocs avant (H = 41 - 65 cm)
- Peinture blanche de la carrosserie métallique (H = 46 - 80 cm)
- Autocollant Coca-Cola, portière arrière droite (H = 65 - 70 cm)

Légende - Audi A3:

- Traces blanches, zone 3 (H = 62 - 71 cm)
- Traces noires en arc de cercle, zones 5 & 6 (H = 26 - 60 cm)
- Traces noires, zone 7 (H = 41 - 65 cm)
- Traces blanches, zones 1, 2 & 4 (H = 46 - 80 cm)
- Traces rouges, zone 1 (H = 65 - 70 cm)

Figure 51 : Zones de contact entre l'Audi et la camionnette Renault.

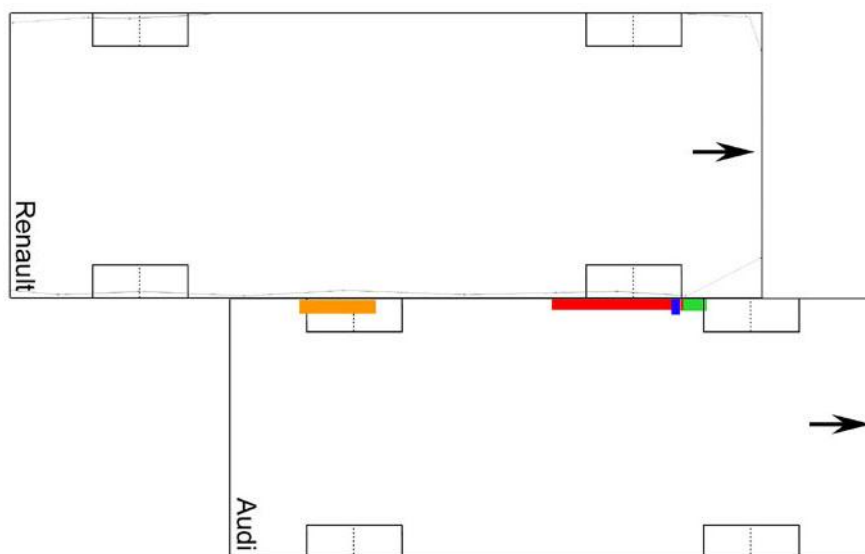


Figure 52 : Configuration de choc entre l'Audi A3 et la camionnette Renault Trafic (1/2).

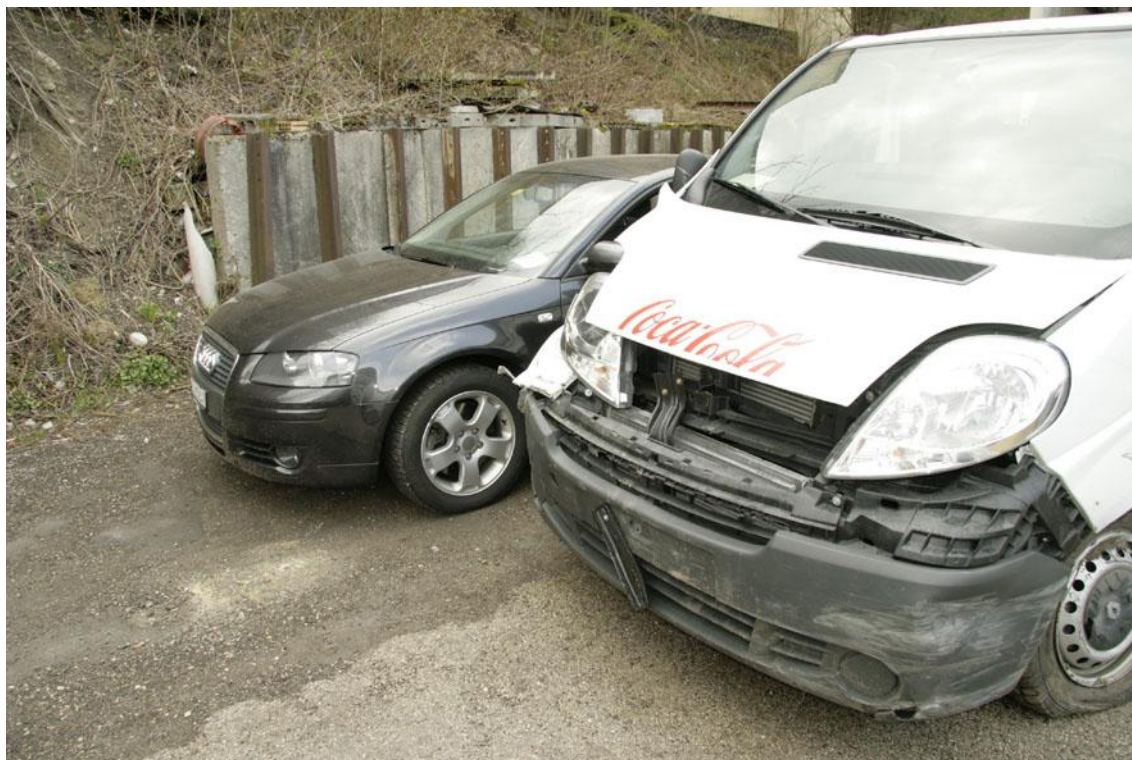


Figure 53 : Configuration de choc entre l'Audi A3 et la camionnette Renault Trafic (2/2).

5.1.3.2. Collision 2

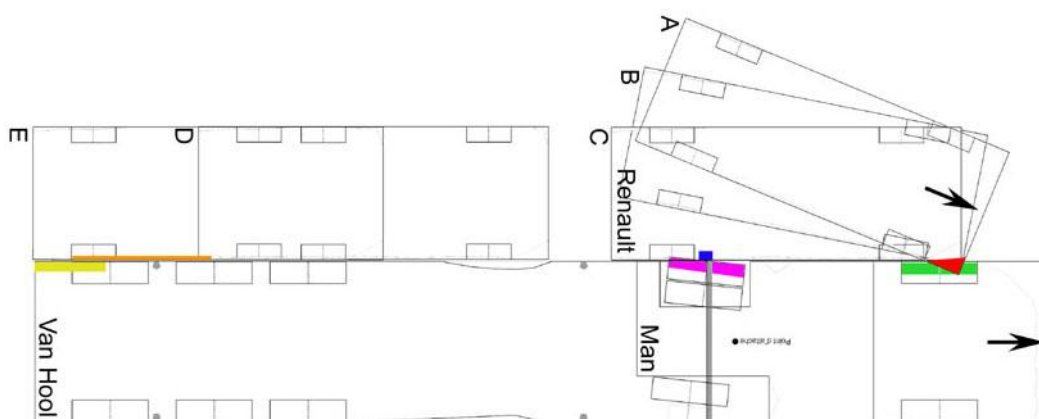


Figure 54 : Configuration de choc entre la camionnette Renault Trafic et le camion Man – Van Hool.

5.1.3.3. Collision 3

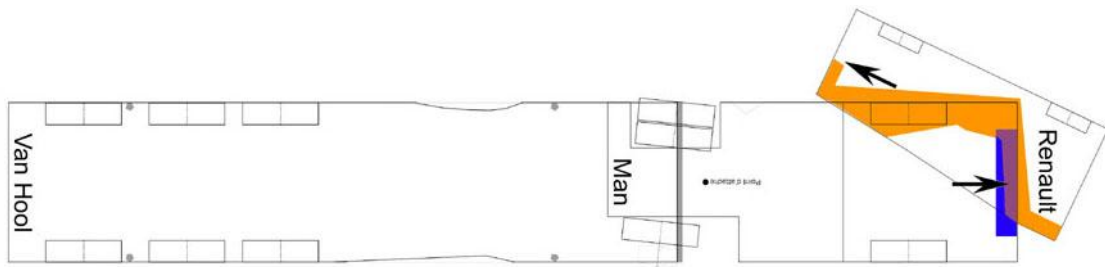


Figure 55 : Configuration de choc entre la Renault Mégane et le camion Man – Van Hool.

5.1.3.4. Collision 4

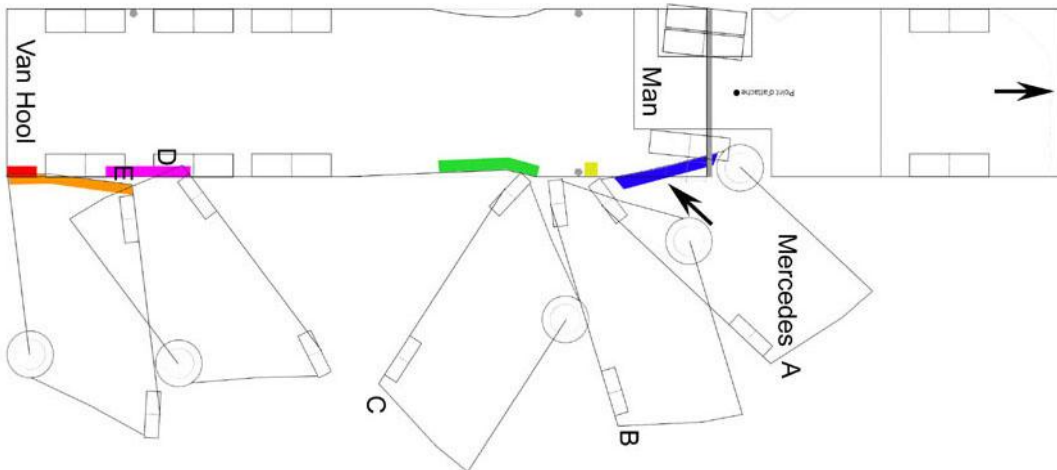


Figure 56 : Configuration de choc entre la Mercedes Classe A et le camion Man – Van Hool.

5.1.4. Conclusion du cas

L'ensemble des contacts a pu être établi de manière précise grâce aux différentes compositions des éléments présents sur les carrosseries. Toutefois, en ce qui concerne le premier impact (Camionnette Renault Trafic et Audi A3), la configuration de choc établie ne permet pas de déterminer lequel des véhicules a changé de voie ni leur position sur la chaussée au moment de l'impact. Ci-dessous, sont exposées les différentes positions des véhicules au moment des 4 collisions principales.

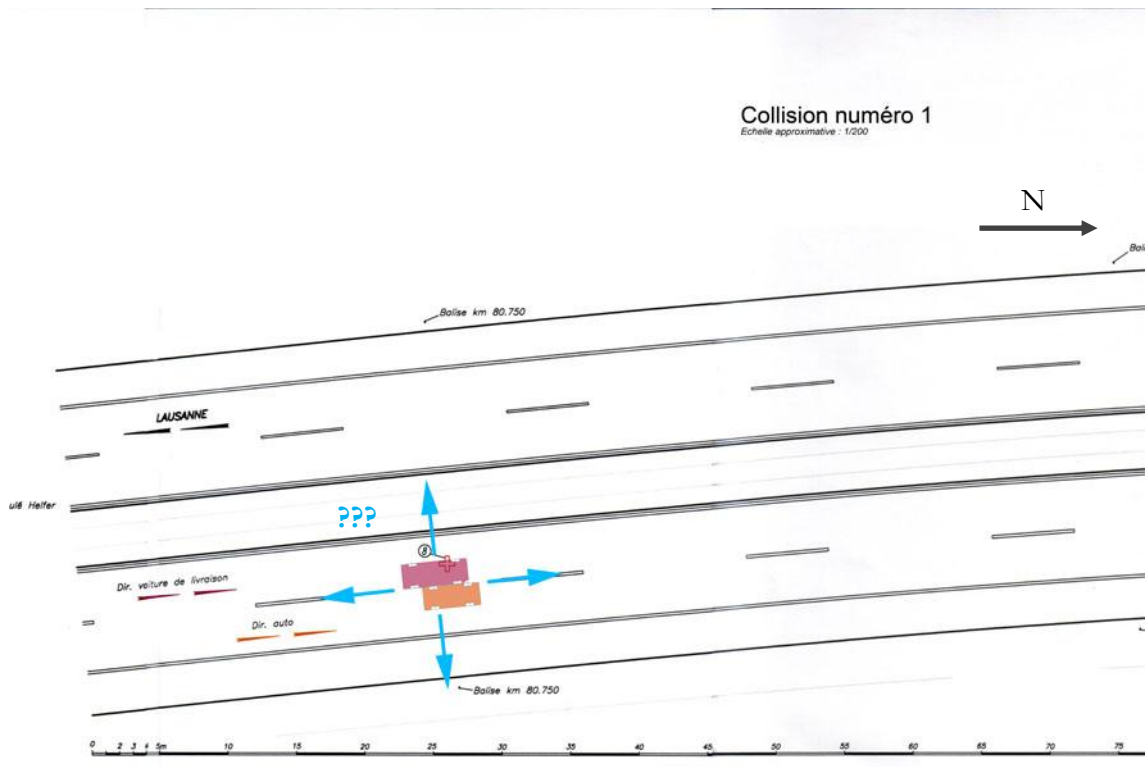


Figure 57 : Croquis de la première collision sur le plan (Audi A3 – Renault Trafic).

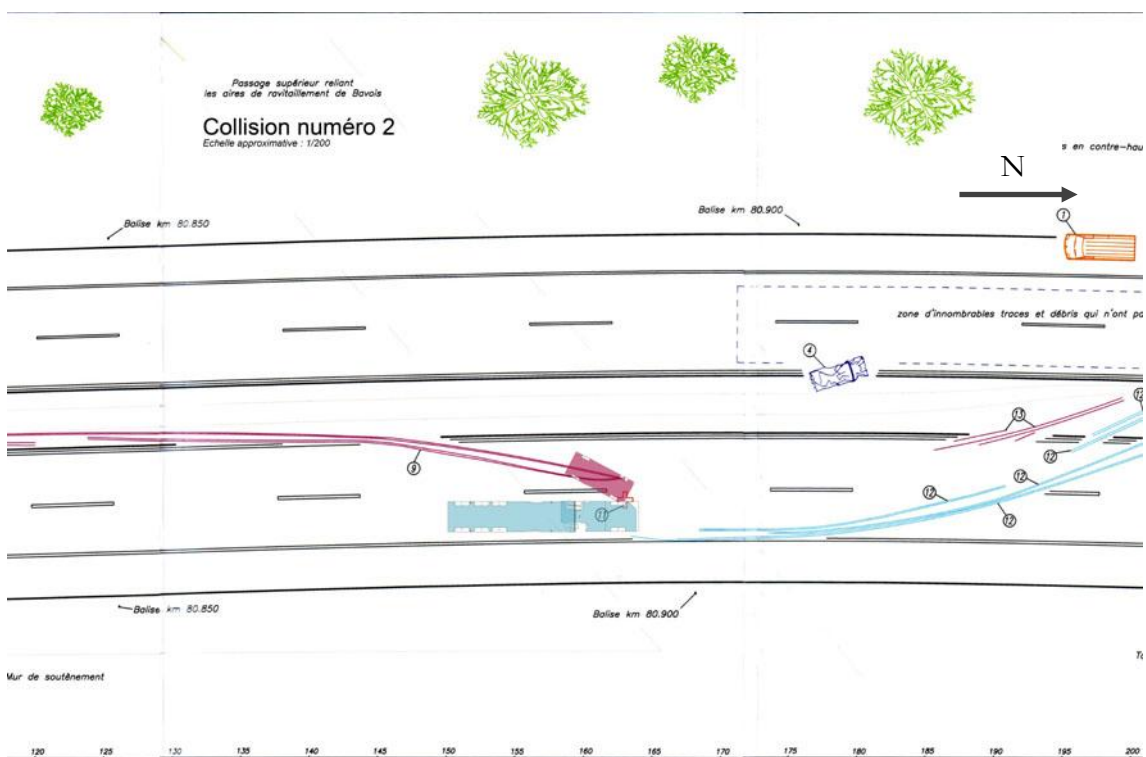


Figure 58 : Croquis de la deuxième collision sur le plan (Renault Trafic – camion Man).

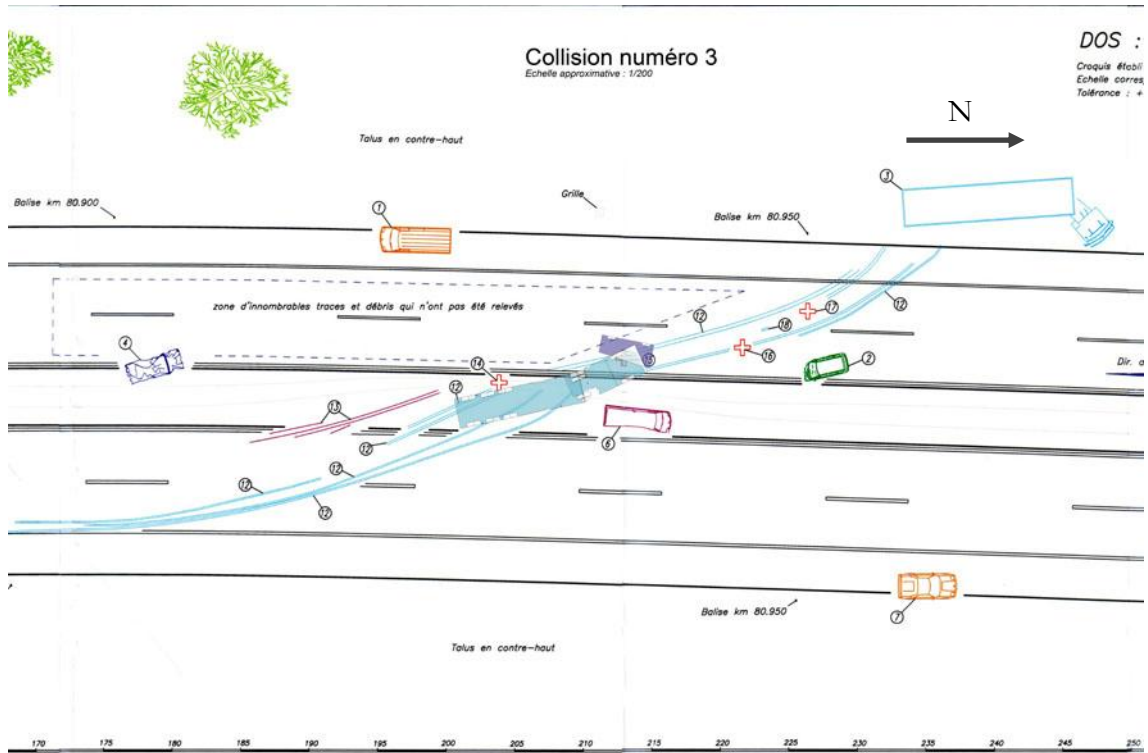


Figure 59 : Croquis de la troisième collision sur le plan (camion Man – Renault Mégane).

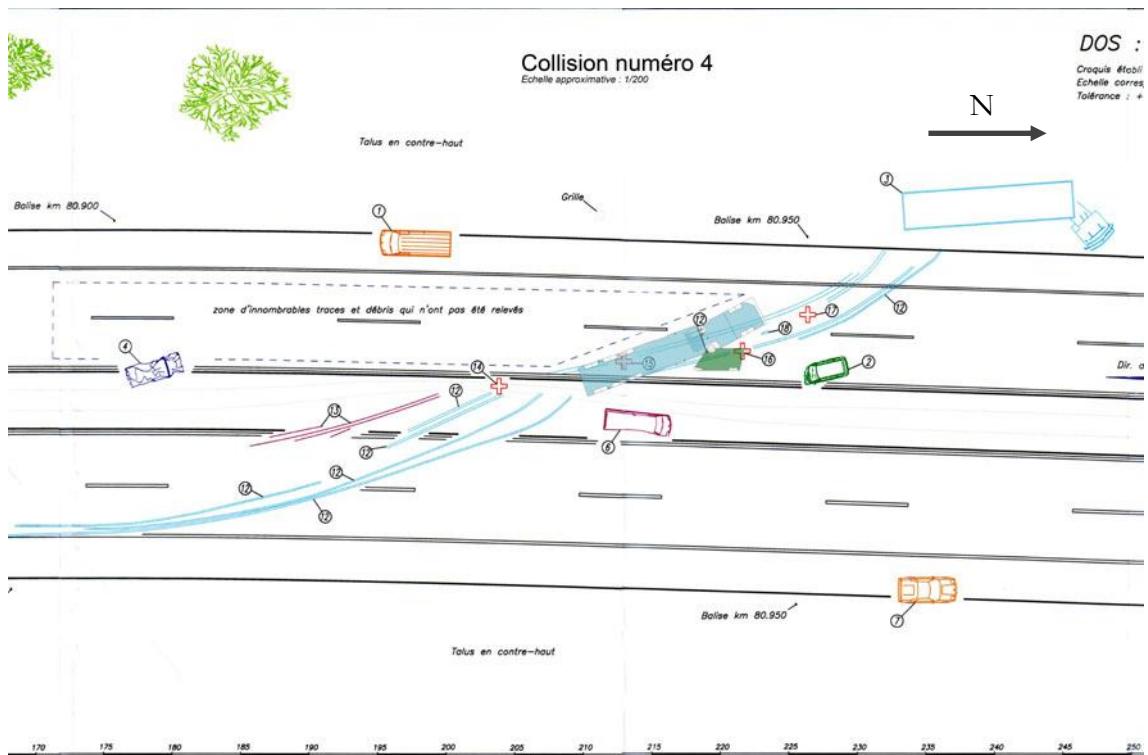


Figure 60 : Croquis de la quatrième collision sur le plan (camion Man – Mercedes Classe A).

5.1.5. Enseignements théoriques

Ce premier cas pratique est l'un des cas les plus intéressants de cette thèse. Il démontre que l'utilisation des microtraces, en plus de l'exploitation des déformations, permet de déterminer avec précision la nature des contacts entre plusieurs véhicules dans un accident. Pour les contacts de faible intensité (collision numéro 1 entre l'Audi A3 et la Renault Trafic), cette précision peut s'avérer indispensable, puisqu'aucune déformation n'est constatée.

Ce cas met également en évidence l'importance des prélèvements "à l'aveugle" lorsque des traces sont peu/pas visibles. En effet, certains prélèvements de ce type ont permis d'établir des points de contact supplémentaires entre les différents véhicules. Au niveau du transfert des traces, cette affaire démontre l'effet de la configuration des chocs sur la distribution des traces. Si un nombre important de traces (traces glissées et fragments) a été transféré lors des chocs latéraux et frontaux des collisions 2 à 4, ce n'est pas le cas pour la première collision, qui est un frottement latéral (transfert de traces glissées uniquement). Cette différence de transfert confirme les résultats du Paragraphe 4.1.1, dans la mesure où un frottement latéral induit peu de déformation de la tôle et donc des angles très faibles sur cette dernière.

Il est également important de souligner que certaines particularités ont largement aidé à la détermination des positions de chocs pour les collisions 2 à 4. Ceci confirme les observations du sous-chapitre 3.2.1.3, traitant de la forme des dommages. En effet, des traces de pneumatiques et des traces de boulons ont permis de reconstruire certains contacts avec une plus grande précision, en particulier pour la collision numéro 2. Plusieurs analyses ont ainsi pu être épargnées durant la phase analytique.

Compte tenu de l'ensemble des éléments susmentionnés, ce cas est extrêmement intéressant dans la mesure où il met en évidence l'importance d'une bonne synergie entre les microtraces et la dynamique pour la détermination précise des contacts entre véhicules.

5.2. Cas numéro 2 : type d'accident véhicule seul

5.2.1. Contexte

Le propriétaire d'un véhicule se rend à la gendarmerie afin de porter plainte et obtenir un formulaire, destiné à son assurance, attestant des dommages du parc (provoqués par un véhicule tiers lors de son absence).

5.2.2. Mission

Appliquer la séquence d'intervention définie au Chapitre 3 afin d'établir la nature des dommages subis : véhicule – véhicule ou véhicule seul.

5.2.3. Investigations

Tout d'abord, la forme générale des dommages a été observée. Celle-ci a une forme en « D », c'est-à-dire que sur la gauche, l'alignement est presque parfait. Sur la droite par contre, la forme est plutôt de type ovale. Dans ce cas de figure, il convient de tenir compte de l'aspect vertical de la trace si l'on suit la séquence établie sur la Figure 21 . Ce type d'alignement correspond à un choc contre un mur ou un poteau principalement.

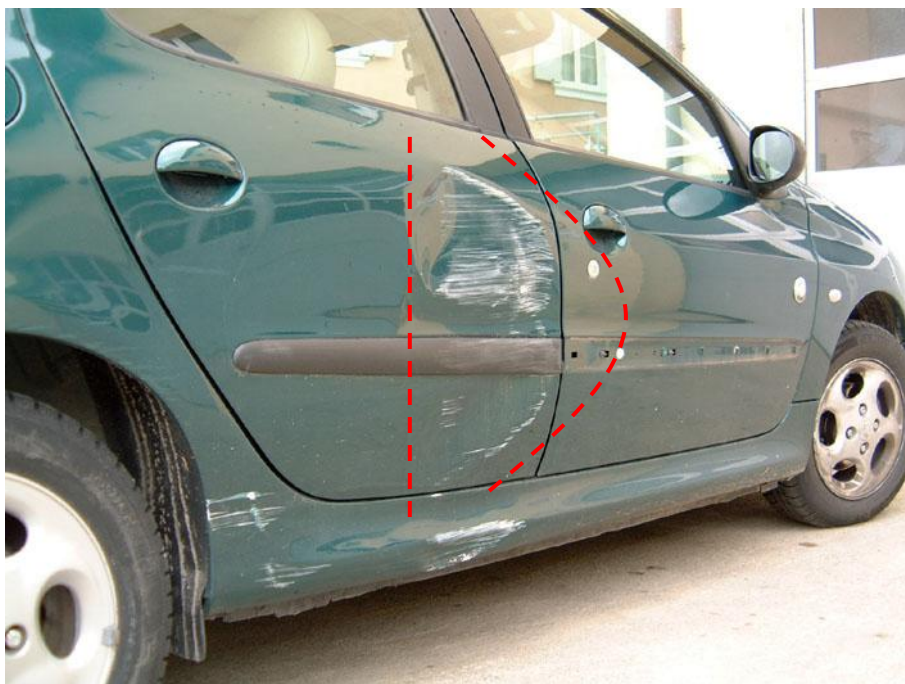


Figure 61 : photographie générale des dommages annoncés.

L'observation plus détaillée des dommages fait apparaître un aspect griffé visible sur la Figure 62 . Cet élément corrobore fortement l'hypothèse d'un choc contre un objet immobile et relativement rugueux.



Figure 62 : Aspect griffé des dommages subis.

Finalement, les traces blanches ont été prélevées à l'aide d'un adhésif de type « police ». L'observation de ces particules à l'aide d'un microscope (grossissement : 100x) a permis la mise en évidence d'une matière hétérogène, épaisse et grossière (Figure 63). A noter que la matière blanche visible sur cette figure correspond à la trace déposée sur le véhicule (et non au véhicule lui-même).

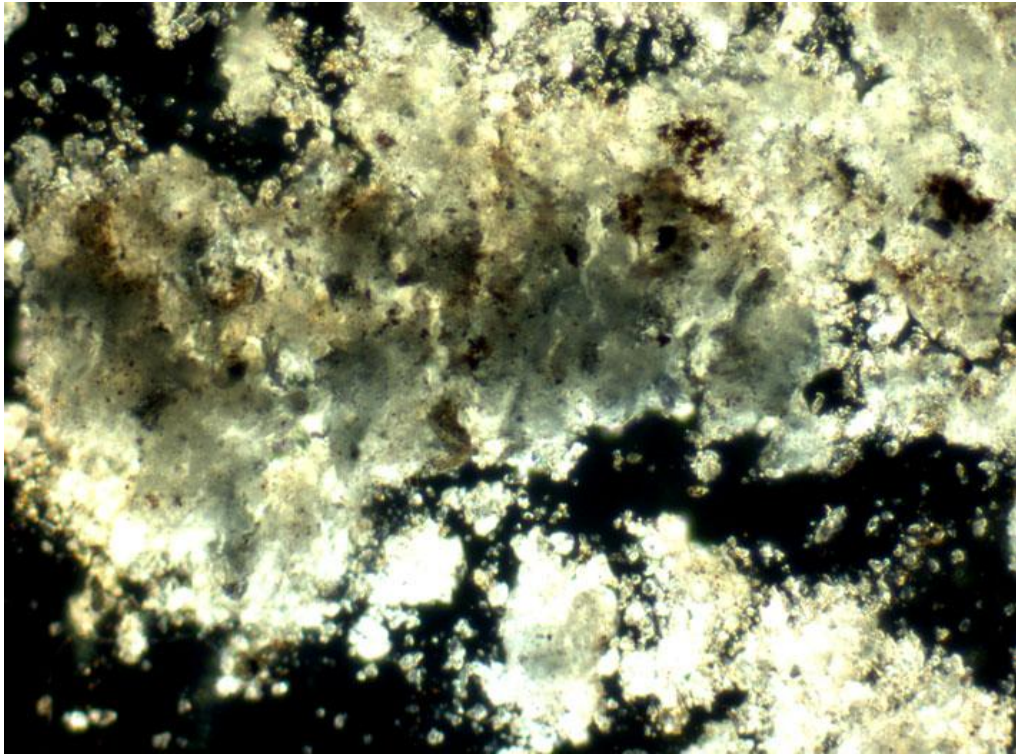


Figure 63 : observations microscopiques de la trace glissée.

5.2.4. Conclusion du cas

L'ensemble des observations effectuées montre que les déformations et l'aspect des dégâts (griffés) ne coïncident pas avec un choc contre un véhicule tiers. L'aspect vertical des dommages et les griffures soutiennent fortement l'hypothèse d'un frottement contre un mur ou un poteau rugueux. Les traces prélevées et analysées sous microscope permettent de confirmer cette hypothèse dans la mesure où l'analyse met en évidence une matière hétérogène, épaisse et grossière. La source de ce dépôt est non automobile selon la séquence de la Figure 32 .

Aucune analyse FTIR n'a été effectuée sur les prélèvements compte tenu des éléments susmentionnés. Cependant, l'hypothèse d'un choc contre un véhicule retouché n'est également pas retenue à cause de la forme des dommages et de leur aspect griffé.

5.2.5. Enseignements théoriques

Ce cas met l'accent sur les séquences d'intervention réalisées lors du Chapitre 3 et confirme ces dernières (point 3.2 en particulier). Il permet d'établir un lien entre les observations sur les déformations et les analyses microscopiques, propres aux microtraces et démontre la complémentarité et la synergie de ces deux domaines.

5.3. Cas numéro 3 : type d'accident crash – test 1 Wildhaus / SG

5.3.1. Contexte

Chaque année, une session de crash-tests est organisée par la Winterthur Assurance à Wildhaus, dans le canton de St-Gall. Ce cas traite d'un crash-test, concernant une Mercedes C180 blanche unie de 1994¹ et une Audi A6 Quattro noire métallisée de 1999². L'arrière du véhicule Mercedes a été surélevé de 10 cm par rapport à l'avant du véhicule Audi afin de simuler un freinage d'urgence³.

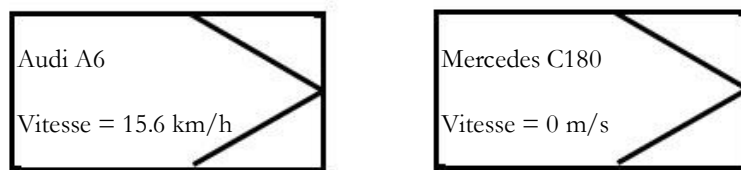


Figure 64 : Configuration du crash-test.

5.3.2. Mission

Effectuer toutes les observations quant au transfert de traces entre les véhicules concernés par les crash-tests et évaluer les résultats des investigations en relation avec les graphiques et les conclusions du Chapitre 4 .

5.3.3. Investigations / observations

Immédiatement après le choc, les zones de déformation des deux véhicules ont été photographiées. Il n'est pas surprenant que les dégâts soient plus marqués au niveau de l'avant du véhicule Audi que pour l'arrière du véhicule Mercedes dans la mesure où le capot d'un véhicule est construit pour être plus fragile que l'arrière⁴.

¹ 1334 kg.

² 1840 kg.

³ En cas de freinage d'urgence des deux véhicules, l'avant de l'Audi s'abaisse et l'arrière de la Mercedes se surélève.

⁴ Le but du constructeur est de diminuer la décélération subie par les occupants en cas de choc frontal.



Figure 65 : Vue générale de l'avant de l'Audi A6.



Figure 66 : Vue générale de l'arrière de la Mercedes C180.



Figure 67 : Mise en évidence du transfert de peinture de la Mercedes vers l'Audi.

Comme le montrent les 3 figures précédentes et bien que les traces visibles sur le capot du véhicule Audi soient partiellement composées de matière endogène, le transfert de peinture de la Mercedes C180 vers l'Audi A6 est beaucoup plus important que le transfert inverse. En ce qui concerne les optiques des deux véhicules, ces derniers sont intacts.

Les deux figures suivantes (Figure 68 et Figure 69) montrent que des traces du pot d'échappement et du crochet de remorquage de la Mercedes sont également visibles sur l'avant du véhicule Audi.

Relevons finalement que l'Audi a transféré une grande quantité de matière sur le pot d'échappement et le crochet de remorquage de la Mercedes (malgré le peu de transfert sur le reste de la carrosserie). Cet élément est très intéressant dans la mesure où ces objets (solides et relativement anguleux) sont donc d'excellents récepteurs de traces.



Figure 68 : traces du pot d'échappement et du crochet de remorquage de la Mercedes.



Figure 69 : position du pot d'échappement et du crochet de remorquage sur la Mercedes.

5.3.4. Enseignements théoriques

Ce premier crash-test corrobore les résultats du chapitre 4 sur les différentes qualités de peintures et leur influence sur le transfert. La différence de transfert de matière entre l'Audi et la Mercedes est en effet explicable si l'on tient compte des informations des sous-chapitres 4.3.1.3 et 4.3.1.6 (Graphique 36 et Graphique 39). En effet, l'année de fabrication des deux modèles ainsi que le type de revêtement tendent tous deux vers un transfert plus important de la Mercedes vers l'Audi¹. A noter néanmoins que d'autres critères non contrôlés entrent en ligne de compte et que les seules explications du quatrième chapitre ne suffisent pas à expliquer l'ensemble du phénomène.

Au niveau des traces laissées par le crochet le pot d'échappement, la mesure de leur distance pourrait permettre, en cas de carambolage, de confirmer l'hypothèse d'un contact entre ces deux véhicules.

La mise en évidence d'une grande quantité de traces sur le pot d'échappement et le crochet de remorquage de la Mercedes permet d'orienter les recherches de traces futures également sur ce type de support, qui semble très prometteur. De plus, ces parties métalliques se trouvent sous les véhicules et sont donc très rarement nettoyées. Cet élément est d'une importance première en cas de délit de fuite et si l'auteur tente de dissimuler les dommages. Il est également très intéressant de relever le fait que le pot d'échappement était froid lors de ce crash-test. Les informations décrites dans le sous-chapitre 3.2.1.3 peuvent donc être complétées, puisque la nature très anguleuse du pot d'échappement permet à lui seul un transfert important de matière (sans que ce dernier soit chaud).

5.4. Cas numéro 4 : type d'accident crash – test 2 Wildhaus / SG

5.4.1. Contexte

Tout comme le cas précédent, ce crash-test a été effectué durant la session organisée en 2006 par la Winterthur Assurance à Wildhaus, dans le canton de St-Gall. Ce cas concerne une collision entre les deux précédents véhicules (Mercedes C180 blanche unie de 1994 et Audi A6 quattro noire métallisée de 1999), mais en inversant leur rôle et position. C'est donc cette fois l'arrière du

¹ L'Audi a été mise en circulation en 1999 et possède une peinture métallisée. La Mercedes quant à elle, a été mise en circulation en 1994 et possède une peinture unie. Le modèle A6 C5 a été étudié dans le chapitre précédent. Il présente un angle moyen de cassure de 41° (détachement de la peinture sous l'effet du pliage de la tôle). Le modèle exact de la Mercedes n'a par contre pas pu être étudié puisque celui-ci est trop vieux. Néanmoins, la version plus récente de la classe C (2001 – 2006) présente un angle de cassure moyen de 40°. Il est dès lors probable que la version plus vétuste soit moins résistante et transfère donc plus de matière.

véhicule Audi, qui a été surélevé de 10 cm par rapport à l'avant du véhicule Mercedes, afin de simuler un freinage d'urgence.

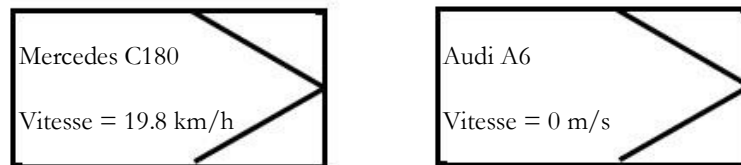


Figure 70 : Configuration du crash-test.

5.4.2. Mission

Effectuer toutes les observations quant au transfert de traces entre les véhicules concernés par les crash-tests et évaluer les résultats des investigations en lien avec les graphiques et les conclusions du Chapitre 4 .

5.4.3. Investigations / observations

Tout comme le cas précédent, les zones de déformation des deux véhicules ont été photographiées immédiatement après le choc. Là également, les dégâts sont plus marqués au niveau de l'avant du véhicule Mercedes.



Figure 71 : vue générale de l'avant de la Mercedes.



Figure 72 : vue générale de l'arrière de l'Audi.



Figure 73 : vue détaillée des traces glissées blanches, sur l'arrière du véhicule Audi.

Tout comme pour le cas précédent, les traces laissées par la Mercedes sur l'Audi sont beaucoup plus importantes que les traces transférées dans le sens inverse. Les hypothèses pouvant expliquer cette différence sont les mêmes que pour le cas numéro 3 et ne sont donc pas rappelées ici.

Relevons que les optiques (en verre) de la Mercedes C180 ont été brisées lors du choc, ce qui n'était pas le cas pour les optiques (en polycarbonate) de l'Audi lors du cas précédent. De multiples fragments de ces derniers ont été retrouvés sur le sol à la suite de l'impact (Figure 74).



Figure 74 : débris d'optiques laissés par la Mercedes sur les lieux du crash-test.

Le bris de ces optiques a produit un transfert important de fragments de verre sur l'arrière du véhicule Audi. Toutefois, la manière dont ces fragments ont été fixés sur la peinture rend ces traces très peu persistantes. Dès lors, elles ne seront retrouvées qu'en cas de sauvegarde rapide (Figure 75). Il est par ailleurs très intéressant de noter que les traces des deux pots d'échappement de l'Audi ont été retrouvées sur l'avant de la Mercedes (Figure 76) et que ces pots se sont à nouveau révélés être d'excellents récepteurs de traces (Figure 77).



Figure 75 : débris de verre sur l'arrière de l'Audi.



Figure 76 : Traces des pots d'échappement de l'Audi sur l'avant de la Mercedes.



Figure 77 : vue détaillée des deux pots d'échappement de l'Audi.

5.4.4. Enseignements théoriques

Ce cas confirme les observations effectuées lors du précédent crash-test et, par conséquent, également les résultats des analyses menées au sein du Chapitre 4 . La présence d'un pot d'échappement ou d'un crochet de remorquage a donc un double intérêt. Premièrement, la forme du pot ou du crochet s'imprime sur le véhicule qui entre en contact avec ces parties métalliques. La mesure de la distance entre les pots et la forme de ces derniers peut permettre de faire un rapprochement avec un véhicule si les circonstances exactes de l'accident ne sont pas connues. Deuxièmement, le caractère relativement anguleux de ces objets et leur solidité importante en font d'excellents supports de traces¹ (transfert croisé). Compte tenu de la faible vitesse de l'impact, il semble que ce type de transfert soit relativement courant lors d'un choc arrière, ceci d'autant plus que le crash-test précédent a montré des résultats similaires.

Au niveau des optiques, il est intéressant de relever que les optiques en verre de la Mercedes se sont brisées alors que les optiques en polycarbonate de l'Audi sont restées intactes dans le précédent crash-test. Il est possible de poser l'hypothèse selon laquelle le verre se brise plus facilement que le polycarbonate. En présence d'un vieux véhicule, possédant encore des optiques en verre, il faut donc s'attendre à retrouver de multiples fragments sur les lieux de l'accident et sur

¹ Relevons que ce transfert devrait être accentué lorsque le pot d'échappement est chaud.

la carrosserie du véhicule heurté. Cet élément vient s'ajouter aux observations du Chapitre 4 , traitant la problématique du transfert de traces.

5.5. Cas numéro 5 : type d'accident délit de fuite

5.5.1. Contexte

A la suite d'un accident de la circulation avec délit de fuite, deux fragments de peinture dont l'une des faces est de couleur rouge unie et l'autre de couleur grise ont été retrouvés sur les lieux. Ces derniers ont été transmis à l'Institut de Police Scientifique de Lausanne pour analyse.

5.5.2. Mission

Procéder aux analyses nécessaires à la détermination de la marque, du modèle et de l'année de fabrication du véhicule ayant laissé ces traces.

5.5.3. Investigations

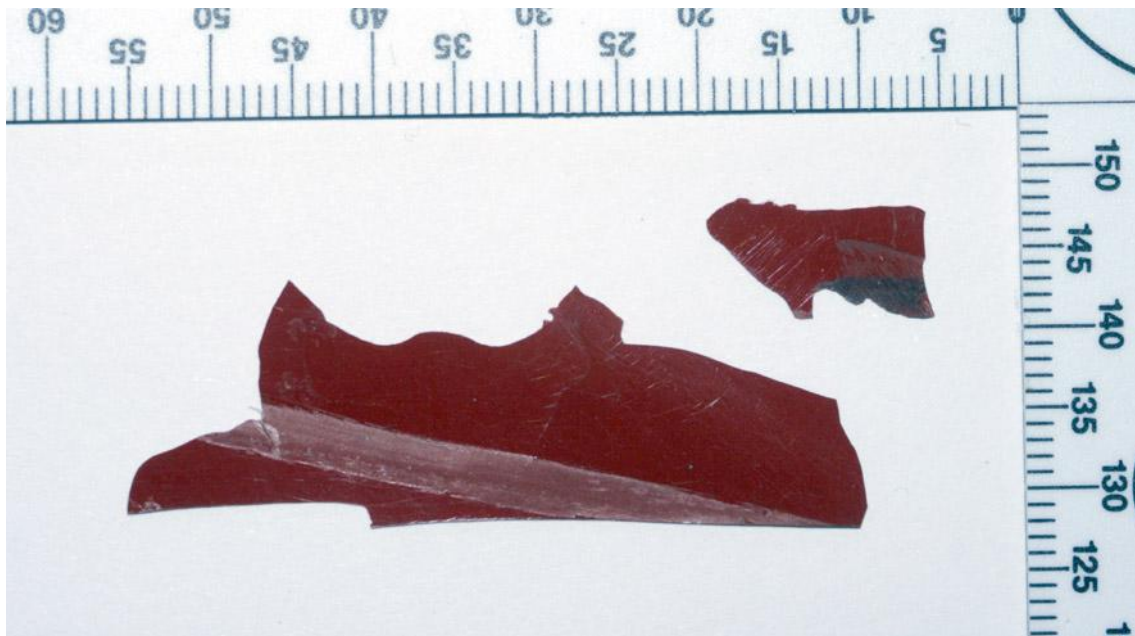


Figure 78 : vue générale des deux fragments laissés sur place par le véhicule en fuite.

En laboratoire, chaque fragment a été inclus dans une résine et des coupes microtomiques ont été effectuées afin d'observer les différentes couches. Chaque couche a été analysée par FTIR, puis les spectres obtenus ont été comparés avec les banques de données infrarouges des peintures

automobiles européennes (EUCAP). Finalement, des comparaisons colorimétriques ont été effectuées avec des tables de couleurs automobiles (ICI¹ et NEXA AUTOCOLOR²).

5.5.4. Conclusion du cas

Le système de mise en peinture observé sur les spécimens indiciaires est homogène et une succession de 4 couches décrites ci-dessous a été mise en évidence :

Couche de vernis incolore
Couche unie rouge
Couche d'apprêt rouge
Couche d'accrochage grise

Tableau 11 : noms des couches indiciaires.

Une séquence de travail a été appliquée pour déterminer la marque, le modèle et l'année de mise en peinture des véhicules qui peuvent potentiellement être à l'origine de ces fragments. Cette séquence a permis d'établir la liste suivante, pouvant être utilisée par les enquêteurs dans le cadre de leurs investigations :

Marque	Modèles	Code couleur	Couleur	Années de production
Audi	80, 100, A3/S3, A4/S4, A6/S6, cabrio et coupé	LY3H	Laserrot	1988-2002

Tableau 12 : Résultats de l'analyse des fragments indiciaires.

5.5.5. Enseignements théoriques

Ce cinquième cas illustre les possibilités analytiques suite à la découverte d'un fragment de peinture multicouche sur les lieux d'un délit de fuite ou d'une violation de devoirs. Lorsqu'un tel transfert est réalisé, il est en effet possible de remonter de manière relativement précise sur un type de véhicule à l'origine des traces.

¹ ICI autocolor, ICI paints, Wexham Road Slough, Berkshire, SL2 5DS, UK.

² Nexa Autocolor's Car Colour Register 2006/2007.

Dans le cas présent, le système complet de mise en peinture des fragments indiciaires n'a pas pu être retrouvé car certains spectres étaient absents des banques EUCAP. Dès lors, il n'a pas été possible de préciser d'avantage le modèle et l'année du véhicule en fuite. Toutefois, cette liste de modèles peut s'avérer très utile lorsque d'autres éléments, tels que des témoignages (numéros de plaques partiels par exemple), entrent en ligne de compte.

5.6. Cas numéro 6 : type d'accident véhicule – véhicule (cycle)

5.6.1. Contexte

Sur une route cantonale, deux cyclistes se suivent et se font dépasser par un automobiliste roulant au volant d'une Mitsubishi Colt blanche. Lorsque la voiture arrive à la hauteur du cycliste roulant en seconde position, ce dernier tombe pour une raison indéterminée. Il n'est pas exclu qu'il y ait eu un contact entre la Mitsubishi Colt et le vélo de la victime. C'est environ un mois plus tard que la police scientifique du canton concerné est saisie. Le vélo, entreposé contre un mur sur les lieux (flèche verte sur la Figure 79) est séquestré, puis transmis à l'Institut de Police Scientifique de Lausanne. Dans la mesure où des traces blanches ont été retrouvées sur la roue arrière du vélo, des prélèvements de comparaison sont effectués sur toutes les surfaces blanches susceptibles d'avoir été en contact avec le vélo, soit sur la chaussée (Figure 81) et sur le mur blanc contre lequel était entreposé le vélo (Figure 80). Des prélèvements sont également réalisés sur le véhicule suspecté d'avoir heurté le cycliste.



Figure 79 : Vue générale des lieux de l'accident (1 mois après les faits). La flèche rouge indique la zone de choc présumée. La flèche verte indique la ruelle où a été entreposé le cycle.



Figure 80 : Mur partiellement blanc, contre lequel le cycle a été entreposé durant un mois.



Figure 81 : Peinture blanche présente sur le sol aux abords de la zone de choc.

5.6.2. Mission

Déterminer s'il existe une éventuelle origine commune entre les traces blanches retrouvées sur le pneu arrière du cycle et le matériel de comparaison saisi (peinture blanche sur la chaussée, peinture blanche sur le mur et peinture blanche du véhicule suspect).

5.6.3. Investigations



Figure 82 : Traces blanches observées sur la roue arrière du vélo.

Les traces présentes sur le pneu du vélo de la victime ont été observées à l'aide d'un microscope et d'un microscope. Des fragments de peinture multicouche blancs (3 couches) ont été mis en évidence au niveau du pneu arrière du cycle de la victime. Les prélèvements réalisés sur les lieux et sur le véhicule blanc ont également été observés, avant d'être comparés aux traces sur le pneu du vélo. Finalement, les compositions chimiques de l'ensemble de ces prélèvements et traces ont été déterminées par FTIR et également comparées.



Figure 83 : Véhicule Mitsubishi Colt suspecté.

5.6.4. Conclusion du cas

De l'ensemble des analyses optiques et FTIR, il ressort que les fragments blancs, observés sur le pneu du cycle sont indifférenciables de la peinture blanche de comparaison du véhicule Mitsubishi (pare-chocs). La valeur de cette concordance a été évaluée grâce aux banques de données EUCAP, contenant 761 peintures blanches. Elle a été considérée comme étant rare ($f < 0.1\%$)

De plus, il a été observé que les fragments de peinture blanche étaient fortement incrustés dans le pneu arrière du cycle. Cet élément démontre que l'intensité du contact ayant conduit à ce transfert de traces était relativement importante. Il ne s'agit donc pas d'une contamination.

L'aspect circulaire de la déposition des traces blanches sur le pneu, indique finalement que ce dernier était en mouvement lors de l'impact. Par ailleurs, la localisation de ces traces sur le pneu du vélo (côté gauche) est compatible avec une position de dépassement de la part du véhicule Mitsubishi.

L'ensemble des éléments analytiques effectués lors de cette expertise a donc permis de soutenir très fortement l'hypothèse d'un contact intense entre le pneu du vélo de la victime et l'une des parties plastiques peintes du véhicule Mitsubishi.

5.6.5. Enseignements théoriques

Avant tout, ce cas met en évidence l'importance de ne négliger aucun prélèvement de comparaison. En effet, le matériel de référence prélevé sur le mur, sur la route et sur le véhicule suspect est complet et exhaustif¹. Il ne fait nul doute que cette exhaustivité est importante dans la conclusion des investigations et a un effet sur l'interprétation des résultats.

Il est également intéressant de constater que cette affaire confirme et complète les informations du sous-chapitre 4.3.3 , traitement de la problématique du transfert. On constate en effet qu'un pneumatique en mouvement est un excellent support pour une recherche de traces. Ce type de surface peut donc être considéré comme prioritaire lors d'un état des lieux sur une scène d'accident et/ou en garage.

5.7. Cas numéro 7 : type d'accident véhicule – piéton

5.7.1. Contexte

Au cœur de la cité de Lausanne, un individu a propulsé son véhicule (Opel Vectra GT) sur un trottoir, renversant de multiples piétons, dont un bébé en pousse-pousse. Le véhicule s'est ensuite élané depuis le Grand-Pont et a terminé sa course plus de dix mètres plus bas, entraînant plusieurs passants dans sa chute.

¹ Aucun tri ne doit être effectué sur les lieux, dans le doute. Seules des analyses en laboratoires peuvent permettre de lever le doute sur une trace dont l'origine est incertaine.



Figure 84 : Position finale du véhicule.

Au total, trois personnes de sexe féminin ont perdu la vie dans cet accident. Sept autres piétons ont été blessés de manière plus ou moins grave.



Figure 85 : Pousse-pousse heurté par le véhicule.

5.7.2. Mission

La mission confiée par le Juge d’Instruction en charge du cas à l’Institut de Police Scientifique de Lausanne a été définie sur deux volets pris en charge par la professeure Massonnet, l’assistante doctorante Monard et le soussigné :

- Effectuer tous les prélèvements et analyses nécessaires pour établir les éventuels points de contact entre le pousse-pousse et le véhicule Opel Vectra GT ;
- Déterminer si le conducteur portait sa ceinture de sécurité au moment des faits.

5.7.3. Investigations

5.7.3.1. *Contacts avec le pousse-pousse*

Tout d’abord, une recherche minutieuse de traces a été effectuée sur la carcasse du véhicule en garage. Diverses traces glissées vertes (partie droite du pare-chocs avant), bleues et rouges (bande de roulement et jante du pneumatique avant droit) ont été retrouvées et prélevées pour analyse.

Les photographies de ces traces et de leur support sont exposées au sein des 2 figures suivantes (Figure 86 et Figure 87).



Figure 86 : Trace verte sur le pare-chocs avant du véhicule.



Figure 87 : Traces bleues (2 types) et rouges sur le pneumatique avant droit.

Au terme de ces premières investigations, le pousse-pousse a été observé et de multiples échantillons de comparaison des trois couleurs susmentionnées y ont été prélevés (Figure 88).



Figure 88 : prélèvements de comparaison sur le pousse-pousse heurté par le véhicule.

Des traces noires ont également été retrouvées sur le pousse-pousse (Figure 89). Ces dernières ont été recueillies afin de les comparer aux divers éléments composant le véhicule.



Figure 89 : Traces noires présentes sur le pousse-pousse.

Les correspondances analytiques ont été exposées dans la Figure 90 . En substance, les traces bleues de type fibreux (TB1) correspondent microscopiquement et chimiquement aux fibres bleues du tissu imprimé du pousse-pousse. Le spectre infrarouge des traces de couleur rouge (TR1) correspond à celui des parties en polymère rouge du pousse-pousse, le spectre infrarouge des traces de couleur bleue (TB2) correspond à celui des parties en polymère bleu de l'intérieur des roues et à celui de l'attache du parasol et le spectre infrarouge de la trace verte (TV1) correspond à celui de la peinture des montants du pousse-pousse.

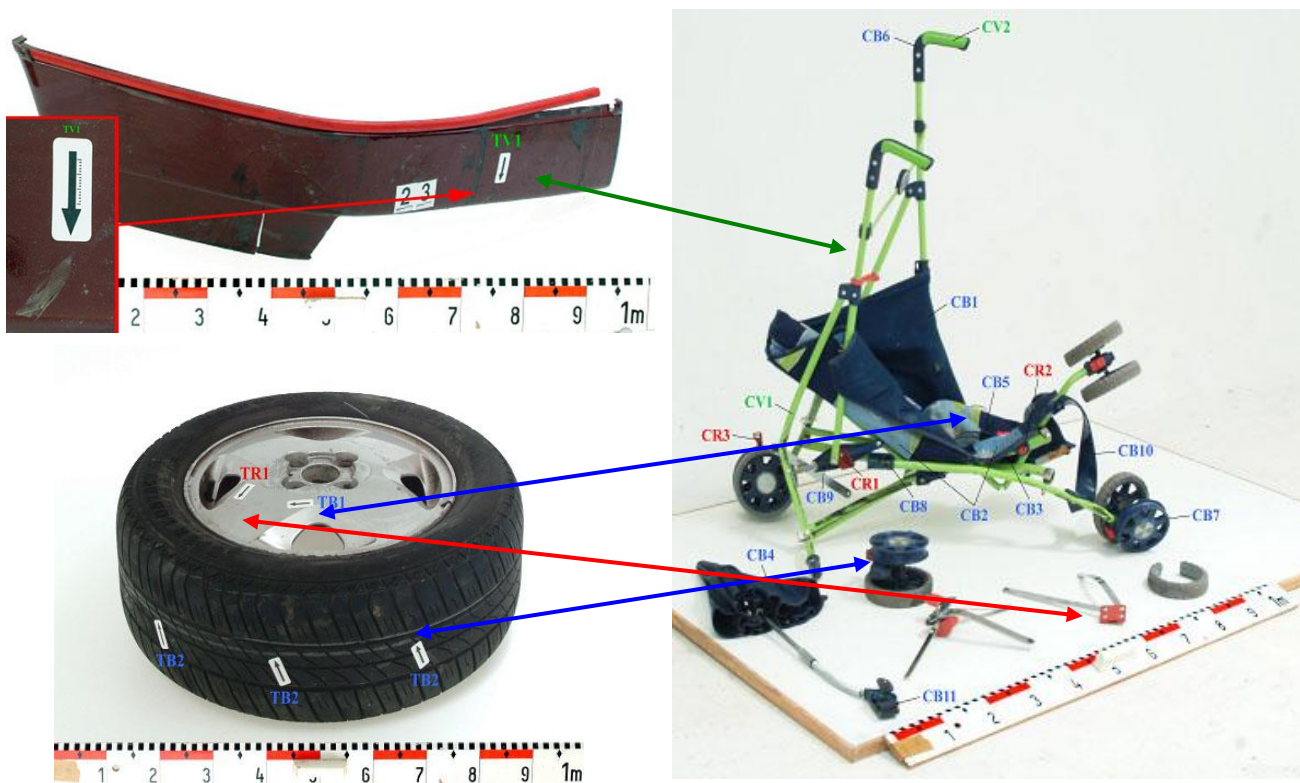


Figure 90 : Correspondances analytiques entre les traces bleues, vertes et rouges d'une part et le pousse-pousse d'autre part.

En ce qui concerne les traces noires sur le pousse-pousse, il n'a pas été possible d'en retrouver la source sur les éléments du véhicule. Toutefois, il est possible qu'il s'agisse de contaminations (saletés) présentes sur la surface du pneumatique avant droit.

5.7.3.2. Ceintures de sécurité

Au niveau de l'analyse des ceintures de sécurité, les ceintures avant, des côtés conducteur et passager ont été démontées et observées.

Une fois la sangle du côté conducteur déroulée, des fragments de verre provenant du véhicule ont été retrouvés. Ces fragments montrent que la sangle était déroulée lorsqu'une vitre s'est brisée à proximité (Figure 91).



Figure 91 : Fragments de verre retrouvés dans la sangle enroulée, du côté conducteur.

De plus, des traces de l'impression du motif de la sangle ont été mises en évidence à l'intérieur des boucles de la ceinture conducteur. De telles traces sont considérées comme très pertinentes et indiquent que la ceinture a été portée lors d'un choc très violent [BREADY *et al*, 2000].

5.7.4. Conclusion du cas

L'ensemble des recherches de traces et analyses effectuées a permis la mise en évidence des points de contacts entre le véhicule Opel Vectra GT et le pousse-pousse. Il a pu être démontré que le pare-chocs avant droit et le pneu avant droit (jante et bande de roulement) du véhicule étaient entrés en collision avec l'ensemble du pousse-pousse.

Par ailleurs, l'examen des ceintures de sécurité a montré que la ceinture du côté conducteur avait été portée lors d'un choc très violent, durant lequel une vitre du véhicule avait été brisée. Le fait que des fragments de verre soient encore présents dans la sangle enroulée soutient fortement l'hypothèse selon laquelle il s'agit de cet accident.

5.7.5. Enseignements théoriques

Le principal enseignement à retenir est l'apport d'une recherche de trace exhaustive sur le pousse-pousse et le véhicule Opel Vectra GT pour les investigations. Dans la mesure où l'avant du véhicule a été fortement déformé lors de sa chute, seule cette recherche de traces a permis d'établir

une configuration de choc précise entre le pousse-pousse et la voiture. Ces observations corroborent fortement l'hypothèse de travail H3, concernant la complémentarité entre les microtraces et la dynamique (1.1).

Il est également intéressant de souligner que les traces recueillies suite au transfert croisé entre la voiture et le pousse-pousse sont des traces glissées et qu'aucun fragment de peinture multicouche n'a été retrouvé lors des investigations. Cette observation soutient les conclusions du quatrième chapitre, traitant des mécanismes de transfert des traces. En effet, les impacts contre le pousse-pousse et contre les piétons n'ont causé que très peu de déformations de la carrosserie¹ ce qui implique un transfert d'éclats faible, voire nul.

Finalement, l'examen des ceintures de sécurité effectué permet d'obtenir une expérience utile dans le domaine. Le fruit de ces observations est repris au sein du Chapitre 6 , traitant des traces et de leur exploitation.

5.8. Cas numéro 8 : type d'accident véhicule seul

5.8.1. Contexte

Le conducteur d'un véhicule de marque et modèle Saab 9-5 conduisait sur une autoroute et a perdu la maîtrise de son véhicule alors que ce dernier roulait à environ 90 km/h en ligne droite. Il ressort des procès verbaux que le conducteur a senti que l'un de ses pneumatiques arrière avait explosé.

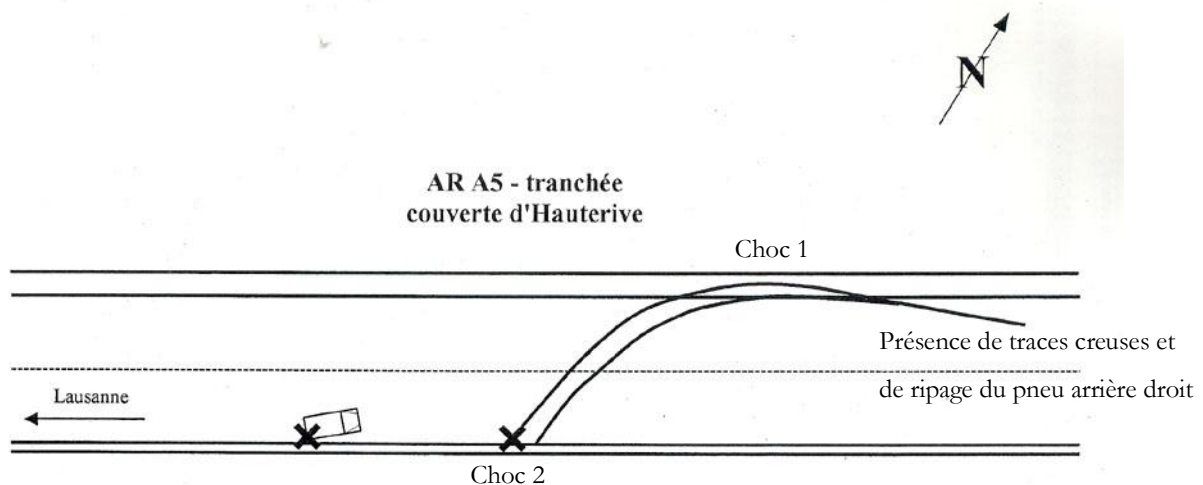


Figure 92 : Croquis illustratif des lieux et de l'accident (échelle non respectée).

¹ La grande majorité des déformations observées sur le véhicule Opel Vectra peut être imputée à sa chute.

5.8.2. Mission

Effectuer l'examen des pneumatiques du véhicule et déterminer les causes de l'accident.

5.8.3. Investigations

Par le biais de l'enquête, il a pu être déterminé que les 4 pneumatiques venaient d'être montés sur ce véhicule (pneus d'hiver stockés dans un garage). Ces derniers avaient exactement 134 kilomètres à leur actif depuis le début de la saison.

Une première partie des investigations a été effectuée par le Service des Automobiles et de la Navigation du canton de Neuchâtel. Le but de cette première phase a été d'établir la compatibilité des jantes et des pneus qui n'étaient pas d'origine, avec le véhicule lui-même. Au terme de ce contrôle, aucun élément soutenant un vice de montage n'a pu être mis en évidence.

L'examen des deux pneumatiques encore intacts (avant gauche et arrière gauche) a permis de vérifier que leur pression était correcte (2.2 et 2.3 bars). Le pneumatique avant droit a également été contrôlé. Ce dernier était crevé et il a pu être démontré qu'il avait été percé lors du choc contre le rebord, sur la droite de la voie de circulation de l'autoroute, direction Lausanne (Figure 93).



Figure 93 : Pneumatique avant droit, mise en évidence du choc contre la jante.

En ce qui concerne le pneumatique arrière droit, ce dernier comportait des traces d'échauffement, propres à un sous-gonflage (Figure 94). En effet, des traces de fusion ont été mises en évidence

sur le pourtour intérieur du pneu, montrant que la matière composant le pneu avait subi des contraintes importantes dues à une sous-pression (torsion de la partie latérale du pneu). De plus, la présence de traces creuses et de ripages provenant du pneumatique arrière droit, peu avant le premier impact, montre que ce dernier était déjà vide de toute pression avant la perte de maîtrise.

Relevons finalement que ces conclusions, basées sur l'examen des traces, ont été confirmées par les dires du conducteur lors des procès verbaux d'auditions.



Figure 94 : Pneumatique arrière droit, mise en évidence des traces d'échauffement.

5.8.4. Conclusion du cas

Au terme des investigations, il a été établi que le pneumatique arrière droit s'était déchaussé suite à un manque de pression, provoquant ainsi la perte de maîtrise du véhicule. Dans la mesure où les 4 roues venaient d'être montées sur ce véhicule pour la saison d'hiver, deux hypothèses ont été retenues :

H1 : Les pneumatiques n'avaient pas de défauts lors du montage : cette hypothèse suppose qu'un évènement ayant endommagé le pneu arrière droit est arrivé entre le service du véhicule et le lieu de l'accident (clou, frottement contre un trottoir, etc.), soit pendant les 134 km parcourus par le conducteur.

H2 : Le pneumatique monté sur l'essieu arrière droit avait un défaut : cette hypothèse signifie qu'un des pneumatiques monté sur le véhicule souffrait déjà d'une crevaison lente ou d'un sous-gonflage au garage dans lequel la préparation du véhicule a été effectuée.

Étant donné l'absence d'éléments supplémentaires, il n'a pas été possible de soutenir une hypothèse en particulier.

5.8.5. Enseignements théoriques

Ce cas de déchaussement de pneumatique est particulièrement intéressant car le nombre de kilomètres parcourus par le véhicule à sa sortie du garage est faible. Compte tenu de cette information, les observations ainsi que les procès verbaux d'auditions réalisés ont permis de favoriser deux hypothèses principales, permettant d'expliquer les faits.

Cette investigation dans le domaine des pneumatiques a également permis d'étayer les observations réalisées au sein du Chapitre 6 .

5.9. Cas numéro 9 : type d'accident véhicule seul

5.9.1. Contexte

Un véhicule de service de la Police Neuchâteloise possède des traces de contact du côté droit de son pare-chocs avant (Figure 95). La nature exacte de ces traces est indéterminée.



Figure 95 : dégâts observés sur la partie avant droite du pare-chocs.

5.9.2. Mission

Déterminer la nature des dégâts constatés sur le véhicule de service et établir si ces dommages sont le fruit d'un contact entre deux véhicules ou non.

5.9.3. Investigations

Tout d'abord, la forme des dommages sur le pare-chocs du véhicule a été observée. Compte tenu du fait que les dommages sont très restreints, il est difficile de déterminer la forme globale de ces derniers (alignement vertical ou non). Toutefois, l'aspect griffé des rayures sur la carrosserie indique un impact contre un support rugueux de type mur ou poteau.

Compte tenu de cette information, les surfaces susceptibles d'entrer en ligne de compte ont fait l'objet d'une recherche de traces. Comme le montre la Figure 96, l'observations des poteaux juxtaposés à la place de parc du véhicule de service a permis de mettre en évidence des traces de peinture bleue sur un pilier. Les comparaisons basées sur les hauteurs des traces ont permis de constater que ces dernières correspondaient aux dommages sur le véhicule. Aucun autre examen n'a été effectué étant donné la faible gravité du cas.



Figure 96 : Mise en évidence de traces de peinture bleue sur un pilier, à proximité de la place de parc du véhicule

5.9.4. Conclusion du cas

Étant donné l'aspect des dommages, leur position ainsi que leur hauteur, il est très probable que la partie avant droite du véhicule soit entré en collision avec le poteau de parking visible sur la Figure 96 . Compte tenu du fait que les dommages ont très probablement eu lieu au sein du garage de la Police Neuchâteloise, par un véhicule de cette entité, aucun examen supplémentaire n'a été jugé nécessaire.

5.9.5. Enseignements théoriques

Tout comme le cas numéro 2 (5.2), cette affaire sans gravité démontre les possibilités pratiques apportées par les séquences de travail du troisième chapitre, portant sur la morphologie d'une trace. La conclusion obtenue soutient les résultats de ce chapitre et montre qu'il est important de débiter les examens en suivant une démarche allant du général au particulier.

Au cours de cette affaire, les observations préliminaires réalisées ont été jugées suffisantes pour établir les faits. Toutefois, il convient de rappeler au sein de ce paragraphe qu'une certaine incertitude demeure quant à la conclusion de ce cas, dans la mesure où aucun prélèvement n'a été réalisé sur la trace. En effet, aucune observation macro/microscopique, de même qu'aucune analyse physicochimique n'a pu être effectuée.

5.10. Cas numéro 10 : type d'accident délit de fuite

5.10.1. Contexte

Une employée d'un service de sécurité fait état d'un véhicule de marque et modèle VW Golf parké illicitement devant un commerce. Sur place, la patrouille de police remarque que le pare-brise est enfoncé, que le cadre de plaque avant est tordu et que les plaques ont été retirées (Figure 97).

Des recherches sont effectuées afin d'identifier le propriétaire du véhicule. Une fois retrouvé, ce dernier est emmené au poste de police pour y être auditionné¹.



Figure 97 : Vue générale du véhicule, séquestré par la police.

Au terme des auditions, le propriétaire avoue péniblement avoir conduit sans permis de conduire. Il nie par contre toute implication dans un quelconque accident et justifie les dommages sur son véhicule de la manière suivante : il a été victime de vandalisme lors d'un festival, deux semaines auparavant, à Berne.

5.10.2. Mission

Déterminer la nature des dommages sur le véhicule VW Golf. S'il s'agit d'un délit de fuite, tout mettre en œuvre pour identifier une éventuelle victime.

¹ Le propriétaire est un toxicomane, sous retrait de permis depuis plusieurs mois.

5.10.3. Investigations

La carrosserie du véhicule a été observée minutieusement en garage. Diverses traces dont l'origine correspond probablement à un choc contre un cycle ont été mises en évidence sur le pare-brise (Figure 98), le capot (Figure 99) et au niveau de la plaque avant (Figure 100).



Figure 98 : Dégâts observés sur le pare-brise du véhicule VW Golf.



Figure 99 : Déformations sur le capot du véhicule.



Figure 100 : Mise en évidence de traces de contact avec un objet dur (haut) et traces de plastique rouge brisé (bas).

Au vu de la nature de ces traces, diverses opérations ont été menées simultanément. Tout d'abord, la femme du propriétaire a été interrogée. Cette dernière a confirmé les dires de son mari. Toutefois, son témoignage a potentiellement été faussé compte tenu des risques élevés de collusion. Une enquête a été menée dans les hôpitaux afin de mettre en évidence une éventuelle victime. Cette recherche s'est avérée négative. Une diffusion nationale a été lancée et contenait le texte suivant :

« Suite à un contrôle, le véhicule automobile immatriculé [...], de marque VW Golf IV, de couleur verte, a été découvert [...]. Ce véhicule est endommagé au niveau du pare-brise avant, ainsi qu'au niveau du capot moteur. Les dégâts donnent l'impression qu'il aurait pu toucher un cycle, ceci dans la période du [...]. Pour toutes informations susceptibles de correspondre à ces indications, prière de prendre contact avec [...] »

Une réponse de la police de Bienne est parvenue peu de temps après la diffusion. La gendarmerie bernoise était en effet à la recherche d'un véhicule vert, ayant endommagé une signalisation lumineuse ainsi qu'une borne abeille à Bienne. Après un nouvel examen de la carrosserie du véhicule, la piste des biennois a pu être exclue (absence de traces de ce type sur la Golf).

Finalement, une enquête de voisinage a été effectuée près du domicile du propriétaire. De cette enquête, il est ressorti que le propriétaire du véhicule conduisait régulièrement sa Golf et que la veille des faits, le pare-brise était en parfait état.

Compte tenu des informations susmentionnées, le propriétaire du véhicule et son épouse ont été à nouveau interrogés. Ils ont dès lors avoué avoir heurté un cycliste par l'arrière, puis l'avoir

conduit à l'hôpital avant de prendre la fuite. Ils ont également admis avoir caché le vélo de la victime dans leur garage et avoir ramassé leur plaque, tombée sur les lieux.

Suite à cela, le cycle a été retrouvé et des examens ont été effectués sur ce dernier. De même, l'identité de la victime a pu être obtenue et le cycliste a pu être contacté.



Figure 101 : Examen du cycle et des déformations.

L'examen du vélo a permis de confirmer que ce dernier avait été heurté par l'arrière et que la roue arrière avait cessé de tourner immédiatement après l'impact (fortes déformations). Le catadioptre était présent, mais ce dernier était brisé. En ce qui concerne la victime, elle portait un gros sac ainsi qu'un casque. Ses habits ont été observés, mais aucune trace (verre, peinture ou plastique) n'a pu y être retrouvée.

Les déformations ainsi que les traces sur le véhicule ont permis de reconstituer la configuration du choc. Cette dernière est illustrée dans la Figure 102 .

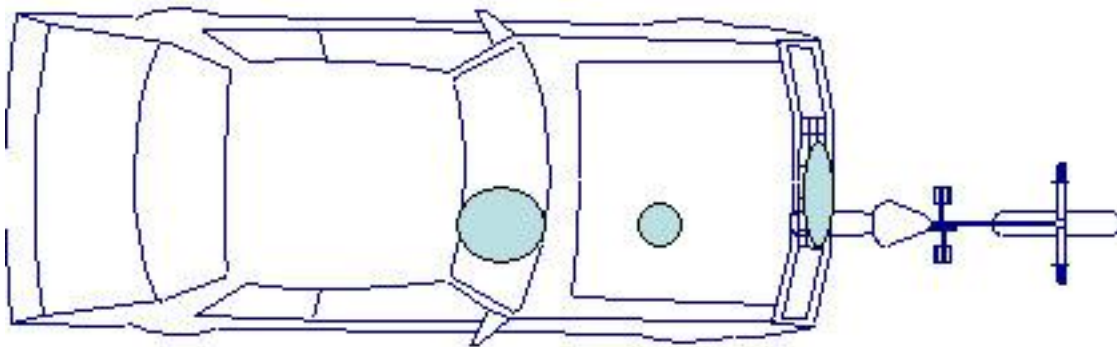


Figure 102 : Configuration du choc entre le cycle et la voiture en fonction des déformations et traces.

Des recherches de traces ont été effectuées sur les lieux et ont permis de mettre en évidence des fragments de catadioptré brisé ainsi qu'une trace de pneumatique pouvant provenir de la roue arrière du cycle (Figure 103).



Figure 103 : Trace du pneu arrière du cycle et débris de catadioptré sur les lieux de l'accident.

Dans la mesure où la vitesse du cycliste et la position finale du cycle et de la victime n'ont pas pu être établies, aucune expertise quant à la vitesse du conducteur fautif n'a été effectuée.

Toutefois, il a été possible de positionner les deux véhicules sur un croquis des lieux afin de se rendre compte de la configuration de l'accident au moment de l'impact (Figure 104). Il va de soi que cette reconstruction est valable pour autant que le pneumatique arrière du cycle soit bien à l'origine de la trace de gomme retrouvée sur les lieux.

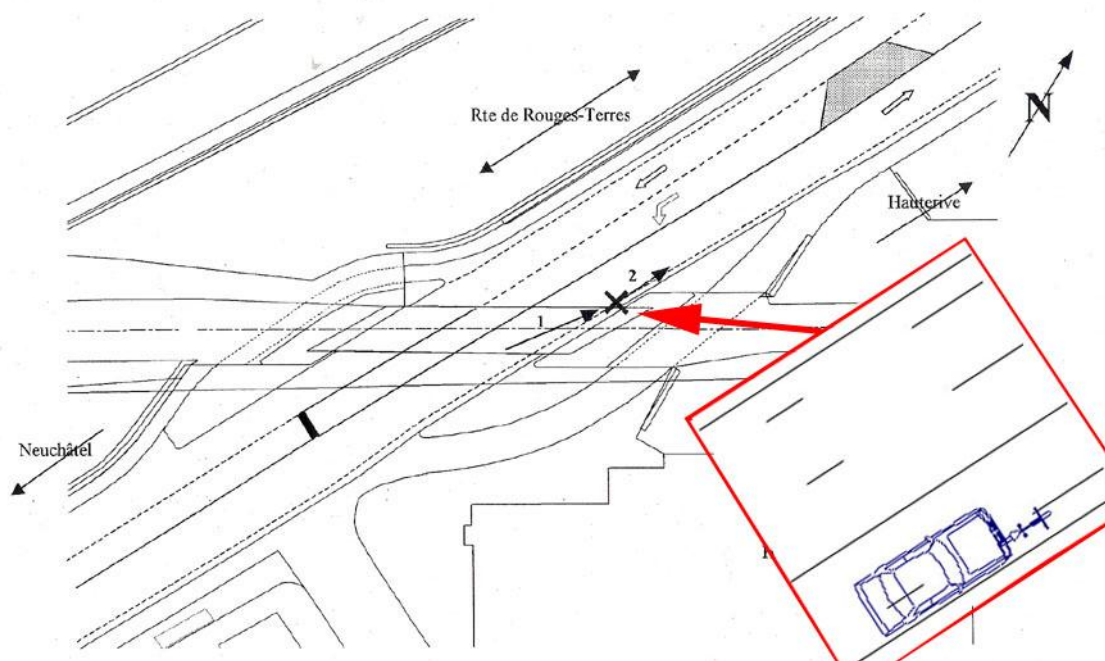


Figure 104 : Croquis des lieux et position présumée des véhicules lors de l'impact.

5.10.4. Conclusion du cas

Dans une première phase, les examens effectués ont permis de déterminer qu'un choc s'était produit entre le véhicule VW Golf et un cycliste inconnu. Grâce à cette information, il a été possible de mettre en avant certaines anomalies dans le PVA du conducteur.

Par la suite, l'examen du vélo et de la scène a permis de détecter d'autres traces utiles à la reconstruction de l'accident. Tel est le cas pour la roue bloquée, pouvant avoir laissé les traces de gomme sur les lieux ou encore le catadioptre brisé pouvant être à l'origine des débris rouges sur la scène ainsi que sur le pare-choc avant de la voiture.

Finalement, la mise en évidence des deux véhicules en configuration de choc sur un plan ou sur un croquis des lieux est importante. En effet, elle permet de se rendre compte de la position de la VW Golf au moment des faits et démontre que cette dernière roulait sur la piste cyclable au moment de l'impact (pour autant que la trace de gomme soit rapportée au vélo).

5.10.5. Enseignements théoriques

Ce cas illustre parfaitement les synergies possibles entre l'étude des déformations sur un véhicule et les recherches de traces sur ce dernier. Cet élément va dans le sens de l'hypothèse H2, posée dans le premier chapitre de ce travail (Tableau 2). Il démontre l'efficacité que peuvent atteindre des bonnes investigations au sein d'une police et l'importance d'effectuer de sérieuses recherches de traces rapidement.

Ce cas nous apprend également que des investigations sur les lieux de l'accident peuvent apporter des éléments très importants, même lorsque plusieurs jours se sont écoulés depuis les faits. Dans le cas présent, des traces de gomme ainsi que des fragments du catadioptré du cycle ont pu être mis en évidence sur la bande cyclable.

Il est également intéressant de constater qu'en cas de blocage de la roue d'un cycle suite à un impact, les chances de retrouver une trace de gomme sur la route sont accrues. Toutefois et bien que des fragments de catadioptrés aient été retrouvés autour de la trace de gomme, un prélèvement de matière aurait dû être effectué sur le bitume. En effet, seule une analyse en laboratoire aurait pu nous permettre de vérifier si la roue arrière du cycle est bien à l'origine de la trace ou non.

5.11. Cas numéro 11 : type d'accident véhicule seul

5.11.1. Contexte

Ce cas traite d'une perte de maîtrise d'un véhicule circulant sur l'autoroute A5 en direction de Bienne. Une fois la première patrouille de gendarmerie arrivée sur place, il a été constaté que le pneumatique arrière droit du véhicule en question avait explosé. Des traces de dérapage ont été mises en évidence peu avant le point d'éclatement du pneumatique.

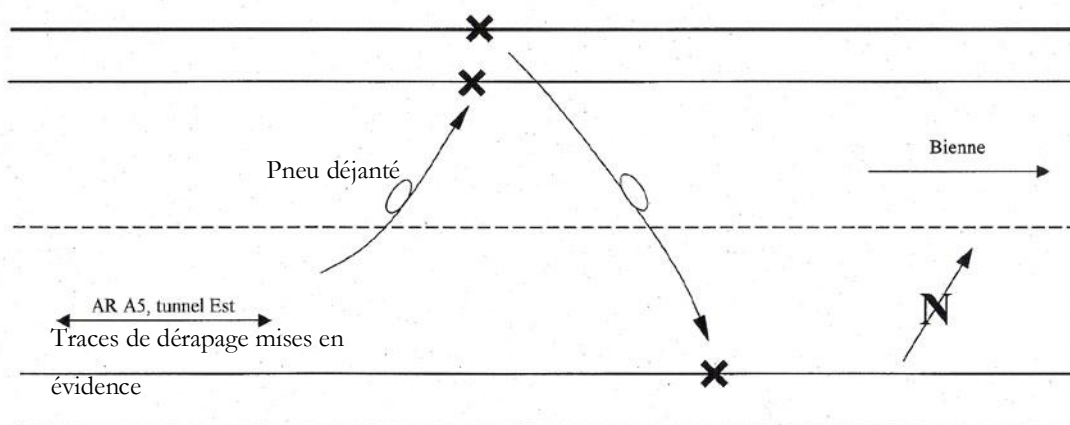


Figure 105 : Croquis sommaire de l'accident. Mise en évidence du pneumatique déjanté.



Figure 106 : Prise de vue de l'avant du véhicule, après les faits.

Après les premières constatations des dégâts sur place, le pneumatique a été prélevé par la gendarmerie. Ce dernier a été acheminé au Service Forensique de la Police Neuchâteloise pour la suite des investigations. Compte tenu de la faible gravité de l'accident, aucune autre démarche et aucun autre prélèvement n'a été effectué lors du constat.

5.11.2. Mission

Observer le pneumatique et déterminer plus précisément les circonstances de l'éclatement (sous-pression du pneumatique ? Crevaison à cause d'un impact juste avant les faits ?).

5.11.3. Investigations

Le pneumatique a tout d'abord été photographié (Figure 107). La bande de roulement a ensuite fait l'objet d'une observation minutieuse.



Figure 107 : Bande de roulement détachée de la jante.

Ces observations ont permis de mettre en évidence la présence d'une vis dans la bande de roulement du pneumatique arrière droit (Figure 108). Cette dernière a très probablement provoqué une petite fuite d'air, conduisant lentement à une situation critique. Une fois la pression trop faible, le pneumatique s'est donc naturellement échauffé, jusqu'à éclatement.



Figure 108 : Vis retrouvée dans la bande de roulement du pneumatique arrière droit.

5.11.4. Conclusion du cas

Les investigations menées sur le fragment de pneumatique prélevé par la gendarmerie ont permis de retrouver une vis plantée dans la bande de roulement. Dans ces circonstances, il est très probable que le pneumatique ait subi une perte de pression lente, difficile à détecter par le conducteur, conduisant à l'éclatement du pneumatique. Les conclusions permettent donc d'écarter raisonnablement l'hypothèse d'une négligence du conducteur quant à un mauvais entretien de son véhicule.

5.11.5. Enseignements théoriques

Ce cas sans gravité met en évidence l'importance d'une systématique dans les investigations. Il met en effet l'accent sur la nécessité d'effectuer le prélèvement des éléments pertinents sur la scène de l'accident et de ne rien omettre sur les lieux. De plus, bien que le temps consacré à l'observation minutieuse du pneumatique soit faible, le résultat peut s'avérer être très intéressant.

Finalement et comme pour le cas numéro 8, cette affaire est à intégrer au sein du chapitre 6 , traitant des traces et de leur exploitation.

5.12. Cas numéro 12 : type d'accident véhicule seul

5.12.1. Contexte

Le conducteur d'une moto Yamaha YZF-R6 circulait sur une route limitée à 80 km/h. Dans une longue courbe à droite, pour une raison indéterminée, il a perdu la maîtrise de son engin, lequel s'est couché sur le flan. Le motocycle a glissé sur la chaussée et a percuté la bordure de la route, pour ensuite continuer sa course dans un champ en contrebas. Le conducteur a également glissé sur la chaussée parallèlement à son véhicule, a percuté la bordure de la route et a heurté finalement un piquet métallique.

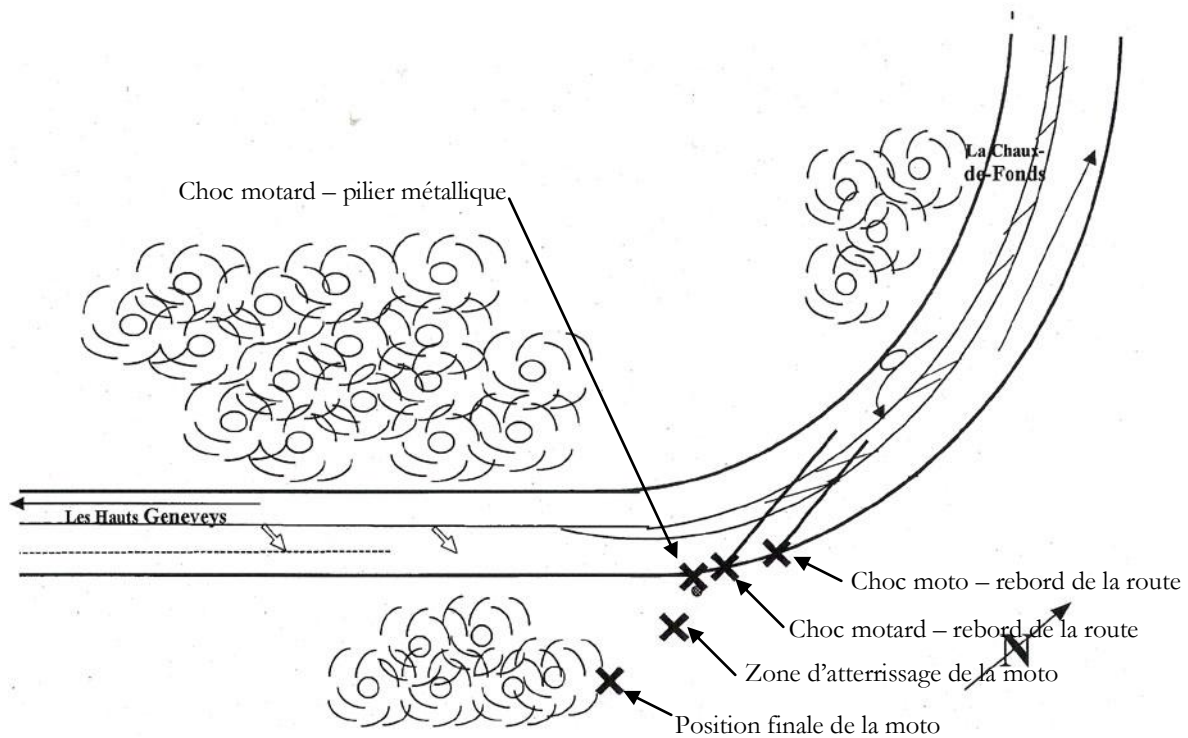


Figure 109 : Croquis sommaire des lieux de l'accident.

5.12.2. Mission

Dans la mesure où l'accident susmentionné a conduit au décès du motard, le Service Forensique de la Police Neuchâteloise a été sollicité afin de vérifier l'ensemble des impacts impliquant la moto et son conducteur. Il a également été demandé de vérifier qu'aucun autre véhicule n'ait été impliqué dans cet accident.

5.12.3. Investigations

Les lieux, comme les habits du motard et son véhicule ont fait l'objet d'une recherche de traces. Le corps du conducteur a, quant à lui, été observé par un médecin légiste, dans le cadre d'un examen externe au Nouvel Hôpital Neuchâtelois (NHP).

Les photographies suivantes illustrent les lieux et les différentes traces relevées. En substance, des traces de ripage de la carcasse de la moto ont été mises en évidence sur la route. De même, des fibres bleues provenant des habits du motard ont été laissées tout au long du trajet au sol par ce dernier.



Figure 110 : Vue générale des lieux et traces des vêtements du motard décédé.

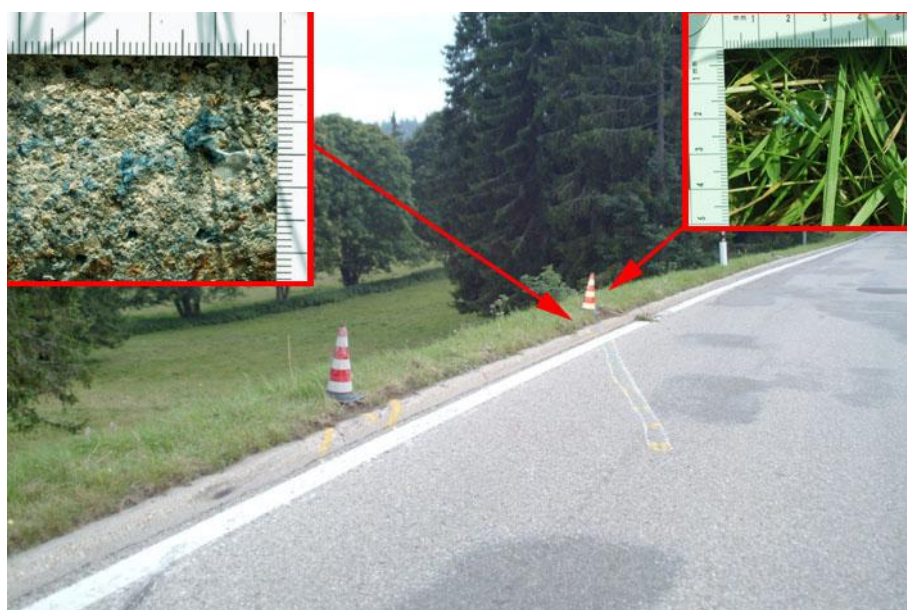


Figure 111 : Zone à partir de laquelle le motard et son véhicule sont sortis de la route.



Figure 112 : Chemin parcouru par la moto et son conducteur en contrebas.



Figure 113 : Mise en évidence du point de choc entre le motard et le pilier métallique. Position finale du corps.

La Figure 113 montre le point de choc entre le motard et un pilier métallique. Cet objet, solidement ancré dans le sol, a provoqué des lésions extrêmement importantes sur le corps du motard. Les conclusions de l'examen externe ont permis de confirmer cette constatation. En outre, aucune lésion non explicable n'a été mise en évidence. Dès lors, aucun élément sur le corps

du motard n'a permis de suspecter l'implication d'un tiers véhicule. A ce stade de l'enquête, la perte de maîtrise du motard est considérée comme l'hypothèse la plus probable.



Figure 114 : Zone d'atterrissage de la moto et position finale de celle-ci.

Comme le montre la Figure 111, le premier choc qu'a subi la moto est un impact direct contre le rebord de la route. La Figure 114 démontre que la moto a ensuite subi une contrainte très importante lors de son arrivée au sol contre une grosse pierre. Un troisième impact a été constaté contre un arbre. Ce dernier constitue la position finale du véhicule.

Suite à ces constatations, l'épave de la moto a été inspectée en garage afin de déterminer si elle contenait d'autres traces que celles pouvant être attribuées aux 3 principaux chocs constatés sur les lieux ou aux traces de ripage sur la route. Tout d'abord, aucune trace de peinture ou de polymère étranger n'a été relevée sur la carcasse du véhicule. En outre, hormis les griffures propres au ripage du carénage sur le bitume, la Figure 115 montre que trois déformations principales ont été mises en évidence. La déformation sur le réservoir coïncide avec le premier choc contre le rebord de la route. Le pneumatique arrière arraché correspond à l'atterrissage sur la pierre après des dizaines de mètres de vol plané et finalement, le cadre avant défoncé est propre au dernier impact contre l'arbre. Dès lors, aucune déformation inexplicable n'a été constatée.



Figure 115 : Déformations constatées sur la moto. Concordances avec les 3 impacts sur les lieux.

5.12.4. Conclusion du cas

L'ensemble des constatations effectuées, tant sur les lieux, que sur le véhicule et son conducteur a permis de reconstruire partiellement les trajectoires du motard et de sa moto. Au terme de ces démarches, aucune trace penchant en faveur de l'implication d'un véhicule tiers n'a été retrouvée. Les lésions ayant provoqué la mort du motard ont pu être expliquées et l'origine de l'ensemble des déformations sur la moto a pu être définie.

5.12.5. Enseignements théoriques

Ce cas démontre les diverses possibilités de recherches de traces, notamment en ce qui concerne le transfert des fibres textiles des habits d'une personne éjectée sur le bitume, mais également sur l'ensemble des objets heurtés. Il permet de prendre conscience de l'importance du couplage entre l'étude des déformations et la recherche de microtraces. Ces éléments corroborent les hypothèses H1 et H2 du Tableau 2 .

A noter que les contrôles réalisés souffrent d'une certaine incertitude. En effet, les observations permettent de privilégier l'hypothèse d'une perte de maîtrise par rapport à l'hypothèse portant sur l'implication d'un véhicule tiers en fuite¹. Toutefois et bien qu'aucun élément matériel n'étaye cette hypothèse alternative, il demeure impossible de l'exclure formellement. En effet, il est très difficile de savoir si une absence de transfert de traces signifie une absence de contact.

¹ Il est clair que dans ce cas de figure, un léger frottement ne peut être exclu.

5.13. Cas numéro 13 : type d'accident véhicule – véhicule

5.13.1. Contexte

Le conducteur d'une Ford Escort rouge circulait sur l'AR A5 en direction de Lausanne. Pour une raison indéterminée, il a perdu la maîtrise de son véhicule, qui s'est déporté sur la gauche et a heurté le parapet séparant les deux chaussées de l'autoroute, avant de s'immobiliser sur la voie de gauche. Par la suite, 5 autres véhicules se sont percutés et ont pris part à ce carambolage, causant la mort du conducteur de la Ford Escort.

De nombreuses traces creuses, de freinage et de dérapage ont été relevées sur la chaussée. De plus, des prélèvements de peinture ont été effectués par le Service Forensique neuchâtelois¹ sur les différents véhicules afin de préciser la nature et l'ordre des différents contacts.

5.13.2. Mission

Compte tenu de la gravité du carambolage, l'Institut de Police Scientifique de Lausanne a été mandaté afin de déterminer l'ordre des impacts et quels sont les véhicules concernés. Le but étant d'apporter le plus de précisions possibles sur le ou les choc/s, ayant entraîné la mort du conducteur de la Ford Escort rouge.

5.13.3. Investigations

Les investigations en laboratoire et les prélèvements indiciers sur les 6 véhicules concernés ont été réalisés par la professeure Massonnet et le chargé de recherche Mazzella. Des prélèvements de comparaison ont également été effectués.

Les résultats des observations microscopiques réalisées en laboratoire ont permis de détecter un certain nombre de contacts entre les différents véhicules. Ces relations sont décrites dans le Tableau 13.

Relevons que seules des analyses macroscopiques et microscopiques² ont été menées sur ces différents prélèvements compte tenu du fait que l'ensemble des véhicules impliqués avaient une couleur différente et étaient donc aisément différenciables.

¹ A l'époque appelé Service d'Identité Judiciaire.

² Aucune analyse chimique ou physicochimique n'a été réalisée.

Véhicule concerné par les recherches de traces	Traces et véhicules correspondants
Ford Escort de couleur rouge	Divers fragments de peintures et polymères correspondant aux 4 véhicules suivants : Chrysler Voyager, Renault 25, Ford Fiesta et Renault Mégane Scénic
Chrysler Voyager de couleur vert métallisé	Divers éclats et abrasions de peinture rouge correspondant à la Ford Escort
Renault 25 de couleur bordeaux métallisé	Divers éclats rouges et bleu turquoise provenant de la Ford Escort et de la Renault Mégane Scénic
Nissan Sunny de couleur blanche	Divers éclats et abrasions de peinture rouge correspondant à la Ford Escort
Renault Mégane Scénic de couleur turquoise métallisé	Éclats et abrasions de couleurs rouge, bordeaux métallisée et blanche, provenant des véhicules Ford Escort, Renault 25 et Nissan Sunny
Ford Fiesta de couleur bleu-violet métallisé	Éclats et abrasions rouges et fragments métallisés bleu turquoise appartenant à la Ford Escort ainsi qu'à la Renault Mégane Scénic

Tableau 13 : Résultats des analyses microscopiques réalisées sur les prélèvements.

Les contacts établis ci-dessus ainsi que les différents témoignages recueillis et les traces recueillies sur les lieux (traces de pneumatiques notamment) ont permis de reconstituer la séquence des évènements. Cette dernière est exposée au cours des 6 phases représentées par la figure suivante.

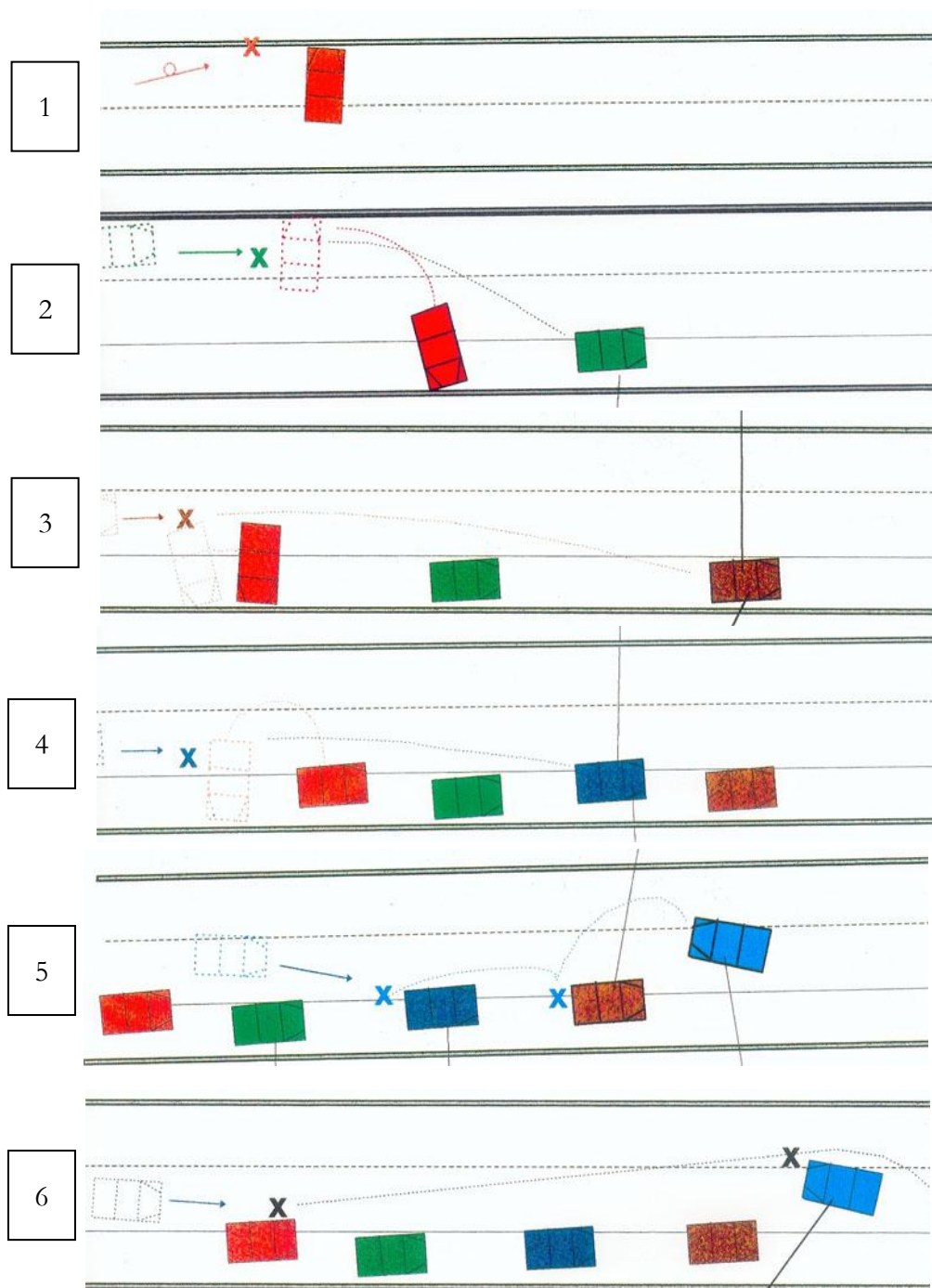


Figure 116 : Séquence des collisions en fonction des traces et des témoignages.

5.13.4. Conclusion du cas

Probablement suite à une vitesse inadaptée aux conditions de la chaussée et à la visibilité, le conducteur de la Ford Escort de couleur rouge a perdu la maîtrise de son véhicule. L'ensemble des investigations effectuées a permis de déterminer relativement facilement la séquence des impacts (Figure 116). A noter que le choc ayant très probablement coûté la vie au conducteur de

la Ford Escort rouge a également pu être défini. Il s'agit du premier contact, illustré sur la figure suivante : Choc latéral avec le véhicule Chrysler Voyager de couleur verte.

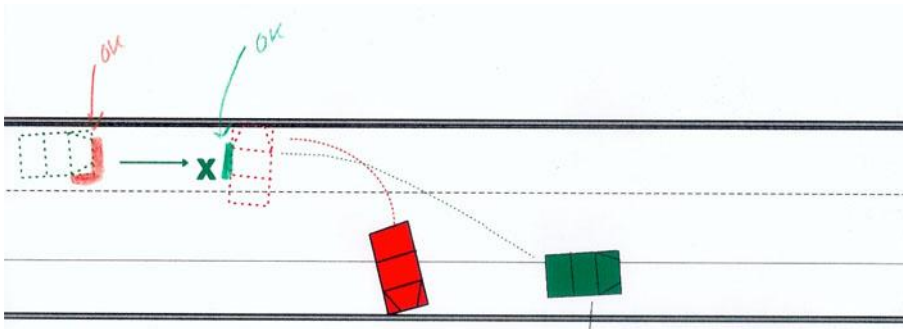


Figure 117 : Croquis de l'impact ayant très probablement coûté la vie au conducteur de la voiture rouge.

5.13.5. Enseignements théoriques

Ce cas relativement complexe illustre la puissance des examens macro/microscopiques. Ces derniers sont en effet un outil indispensable pour corroborer les observations effectuées sur les lieux et/ou pour confirmer les différentes déclarations, souvent lacunaires, des témoins.

Ce cas met également en avant la nécessité de mettre en sûreté les différents véhicules lorsque l'affaire est relativement complexe. En effet, il n'est pas possible d'envisager le prélèvement de toutes les traces nécessaires et pertinentes sur les lieux même de l'accident pour des raisons de temps.

Finalement, les investigations dans le cadre cette affaire ont été axées principalement sur les traces de peinture transférées. Il convient néanmoins de garder à l'esprit que les déformations des carrosseries et d'autres traces peuvent également fortement contribuer à la reconstruction de l'accident (Chapitre 6).

5.14. Cas numéro 14 : type d'accident véhicule seul

5.14.1. Contexte

L'accident s'est déroulé sur une route cantonale sinueuse, située au Val-de-Travers dans le canton de Neuchâtel. Arrivée sur les lieux, la gendarmerie constate qu'un véhicule est sorti de la chaussée, après avoir heurté un mur, en sortie de virage. Le croquis ci-dessous résume les circonstances de l'accident.

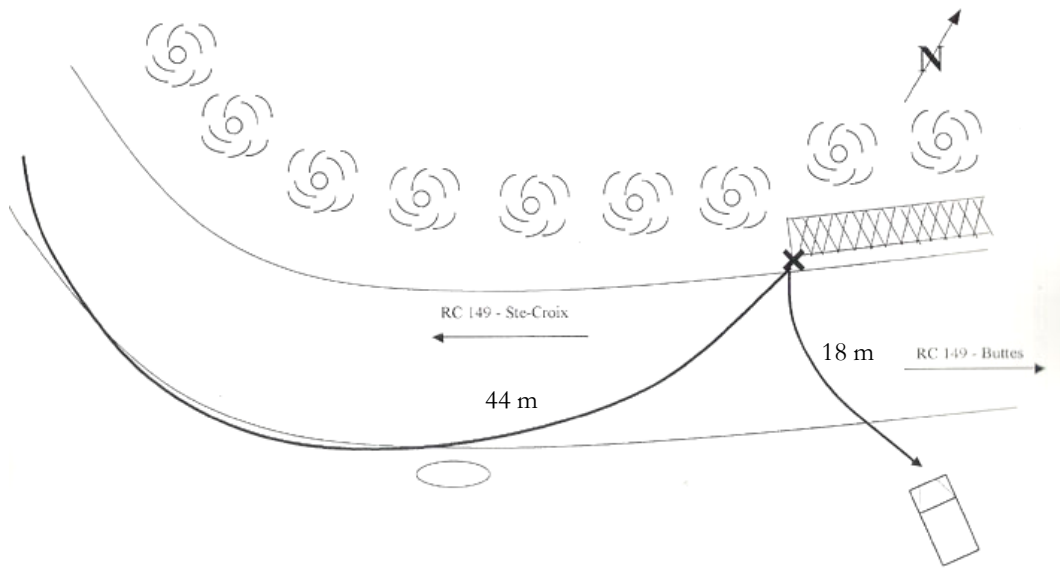


Figure 118 : Croquis général de l'accident.

Sur place, le conducteur du véhicule est encore conscient, mais se trouve à une vingtaine de mètres de son automobile. Les distances mesurées par la gendarmerie sur les lieux sont également indiquées sur le croquis. En substance, ces mesures font état de 44 mètres de traces de ripage avant le choc et 18 mètres de trajet post-impact jusqu'à la position finale.

Les deux figures suivantes donnent une vue générale des lieux, depuis Buttes et Ste-Croix.



Figure 119 : Vue générale des lieux depuis Ste-Croix.



Figure 120 : Vue générale des lieux depuis Buttes.

5.14.2. Mission

Le but de l'intervention du Service Forensique neuchâtelois sur les lieux a été de mettre en évidence les diverses traces présentes et d'éclaircir les circonstances de l'accident.

5.14.3. Investigations

Comme le montre la Figure 121, la zone de choc a pu être aisément établie grâce aux multiples traces de peinture laissées par le véhicule sur la roche.

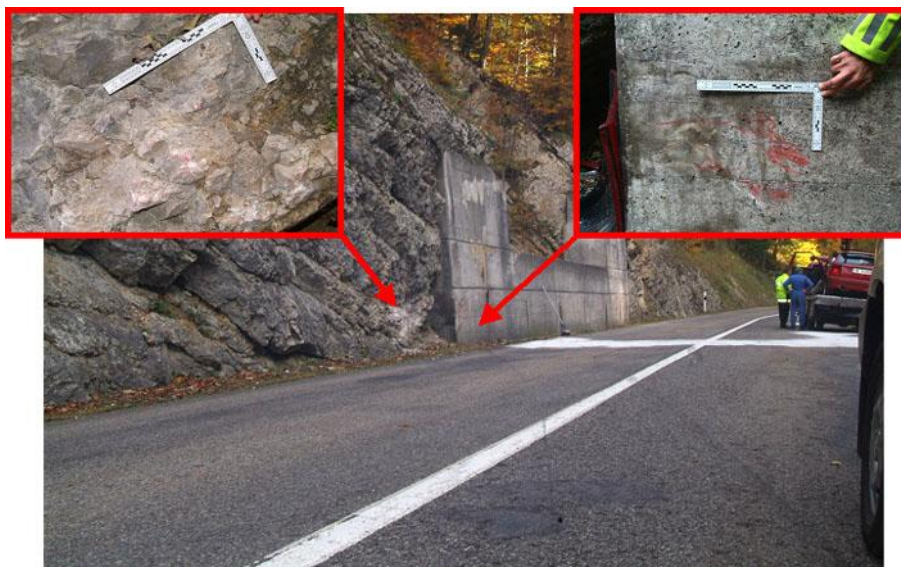


Figure 121 : Mise en évidence de la zone de choc.

5.14.3.1. Calcul de la vitesse du véhicule en sortie de choc

L'observation de la carcasse du véhicule a permis de mettre en évidence l'état des roues après l'impact.



Figure 122 : Carcasse du véhicule en position finale.

La Figure 122 montre que la roue avant gauche était dans l'impossibilité de tourner après le choc contre le mur. Cet élément modifie considérablement le coefficient de frottement entre les pneumatiques et le bitume après l'impact.

Compte tenu du fait que le véhicule était légèrement appuyé contre un buisson, sa vitesse finale a été considérée comme nulle. Dès lors, l'Équation 2 a été utilisée pour déterminer la vitesse perdue par adhérence lors de la phase post-impact¹. La vitesse en sortie de choc a été estimée à 35.3 – 43.2 km/h.

5.14.3.2. Calcul de la vitesse du véhicule en entrée de choc

Afin de tenir compte de l'énergie cinétique perdue sous forme de déformation, une formule utilisant le transfert de l'énergie cinétique en énergie de déformation a été employée (2.9.6.1). Les EES corrélés aux déformations du véhicule ont été estimés grâce aux banques de données contenues dans le programme PC Crash[®]. En substance, la fourchette dans laquelle se situent ces EES fait état d'une vitesse de 50.0 à 54.0 km/h contre un mur non déformable, avec une vitesse résiduelle nulle.

¹ $V_f = 0$ m/s, $D = 18 \pm 0.5$ m et $\mu = 0.35 \pm 0.05$.



Figure 123 : Déformations sur la carcasse du véhicule et EES associés.

Suite à ces calculs, la vitesse du véhicule en entrée de choc a été estimée à 61.2 – 69.1 km/h.

5.14.3.3. Calcul de la vitesse du véhicule au début des traces (entrée de virage)

La dernière étape de cette reconstruction a été de déterminer la vitesse perdue par le véhicule lorsque ce dernier a commencé à laisser des traces sur la route. Cette vitesse peut être associée à la vitesse du véhicule en entrée de virage. Pour se faire, l'Équation 2 a de nouveau été utilisée¹.

A noter que la Figure 124 montre la nature des traces de ripage laissées par le véhicule avant l'impact. Ces dernières sont utiles pour estimer le coefficient de frottement, qui a été fixé à 0.5 +/- 0.05.

¹ $V_f = V$ en entrée de collision = 17 – 19.2 m/s, $D = 44 \pm 0.5$ m et $\mu = 0.50 \pm 0.05$.

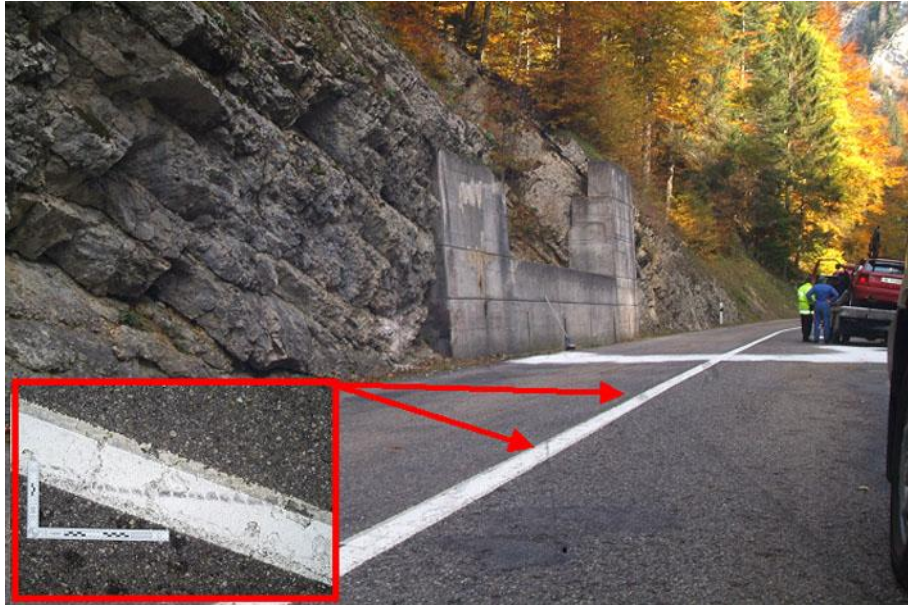


Figure 124 : Prise de vue de la nature des traces de ripage, peu avant l'impact.

Cette dernière phase de calculs a permis de déterminer la vitesse du véhicule au début des traces de pneumatiques sur le sol. Cette vitesse a été estimée à 93.2 – 104.8 km/h.

5.14.3.4. *Traces laissées par le conducteur lors de l'éjection*

Suite aux différents calculs réalisés, les traces laissées par le conducteur à l'intérieur de l'habitacle ont été recherchées. Comme le montrent les deux figures suivantes, des déformations ont été observées principalement sous le volant (impact des genoux). Des fibres textiles fondues, provenant du pantalon du conducteur ont pu être retrouvées à cet endroit, mais également contre la portière du conducteur¹.

¹ Ejection du conducteur par la portière avant gauche.



Figure 125 : Déformations constatées sous le volant suite à l'éjection du conducteur.

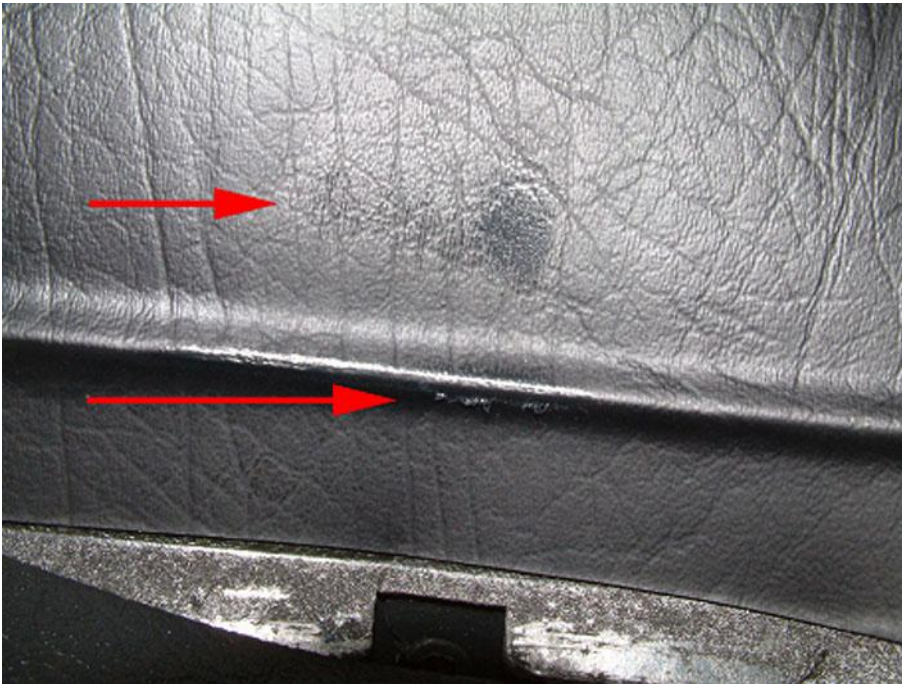


Figure 126 : Fibres fondues, provenant des vêtements du conducteur.

5.14.4. Conclusion du cas

Les recherches de traces ainsi que les calculs réalisés ont permis de démontrer que la vitesse du conducteur était inadaptée. En effet, les reconstructions effectuées ont révélé une vitesse estimée à 93.2 – 104.8 km/h¹ alors que la vitesse était limitée à 80 km/h.

5.14.5. Enseignements théoriques

Avant toute chose, il est intéressant de constater qu'au cours du premier impact, les observations sur le transfert de peinture entre la voiture et le mur corroborent les résultats obtenus au sein du quatrième chapitre (point 4.3.3 plus précisément). La surface lisse privilégie en effet le transfert de traces glissées, alors que la surface rugueuse arrache plus facilement des fragments multicouche.

Il est également important de souligner l'importance associée à l'observation détaillée de la trace de pneumatique laissée sur le sol, avant le premier impact (Figure 124). Cette trace influence en effet le coefficient de frottement du véhicule sur le sol et donc les résultats finaux du cas. Ce deuxième enseignement démontre encore une fois la force du lien étroit entre la dynamique et les microtraces et corrobore les hypothèses de travail H1 et H2, établies au sein du Tableau 2 (projet de thèse) .

Finalement, les recherches de traces à l'intérieur du véhicule ont montré, quant à elles, que des déformations et des fibres fondues étaient facilement observées suite à ce type d'éjection. Cette information est jugée essentielle dans la mesure où ce type de traces peut permettre de déterminer les positions des occupants d'un véhicule lorsque plusieurs personnes sont à bord.

5.15. Cas numéro 15 : type d'accident véhicule seul

5.15.1. Contexte

La gendarmerie neuchâteloise intervient sur une autoroute, suite à la perte d'un pneumatique sur une semi-remorque, tirée par un tracteur à sellette. Sur place, les premiers intervenants constatent que le pneu s'est en effet déjanté, et a ensuite été heurter un véhicule qui circulait dans le même sens. En ce qui concerne le camion, ce dernier a mis 140 mètres pour se stopper, provoquant une très longue trace creuse sur la chaussée.

5.15.2. Mission

Observer les traces présentes sur le pneumatique et déterminer les circonstances de l'accident.

¹ A noter que cette vitesse est probablement sous-évaluée dans la mesure où la vitesse finale du véhicule, lorsqu'il a heurté le buisson, a été considérée comme nulle.

5.15.3. Investigations

Le pneumatique a été observé et les inscriptions présentes sur ce dernier ont été décodées. En substance, il s'agissait d'un pneu rechapé, dont la base datait de plus de 25 ans. L'enquête de la gendarmerie a permis de savoir que la semi-remorque en question était très rarement utilisée. Cette dernière roulait en effet moins de 1000 kilomètres par an.

Le pneumatique présentait également de nombreuses craquelures sur la surface extérieure de ses flans (Figure 127). Ces déchirures de la gomme sont caractéristiques d'un échauffement important de la matière, provoquant une désolidarisation de celle-ci.



Figure 127 : Craquelures observées sur les flans du pneu déjanté.

La Figure 128 montre quant à elle, que les faces internes des flans du pneu ont également subi d'importantes contraintes dues à la température. Les traces de fusion visibles sur cette photographie sont des preuves attestant de la sous-pression du pneumatique peu avant l'éclatement.



Figure 128 : Traces caractéristiques indiquant une sous-pression dans le pneumatique.

5.15.4. Conclusion du cas

L'ensemble des observations effectuées sur le pneumatique déjanté a permis d'établir que ce dernier avait quitté la semi-remorque suite à un important échauffement de la gomme. Les traces de fusion constatées à l'intérieur du pneumatique indiquent que cette hausse importante de température est due à un manque de pression à l'intérieur du pneumatique, alors que ce dernier était en mouvement.

5.15.5. Enseignements théoriques

Tout comme les cas 8 et 11, cette affaire de faible gravité traite de la problématique très complexe des pneumatiques. L'expérience acquise est donc à intégrer au sein du chapitre 6 , traitant des traces et de leur exploitation.

A nouveau, cette affaire démontre l'importance associée à une bonne systématique dans les investigations, tant sur les lieux, qu'ultérieurement en garage.

5.16. Cas numéro 16 : type d'accident véhicule – cycle

5.16.1. Contexte

A l'arrivée des intervenants sur les lieux, il a été constaté que deux cyclistes avaient été heurtés par un véhicule de type Toyota Land Cruiser. La Figure 129 expose la configuration supposée des lieux et le sens de marche des différents protagonistes.

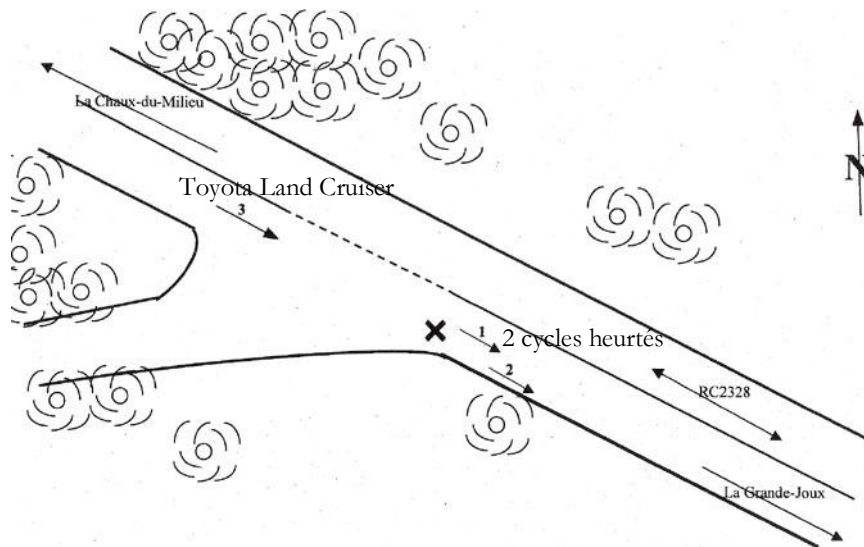


Figure 129 : Croquis général du déroulement de l'accident.

L'accident s'est déroulé de jour, par un temps très pluvieux et sur une route cantonale non éclairée.

5.16.2. Mission

La mission des intervenants a été définie comme suit :

- Préciser les contacts entre le véhicule et les deux cycles ;
- Déterminer les circonstances de l'accident.

5.16.3. Investigations

Avant toute chose, les lieux ont fait l'objet d'une première recherche de traces. Dans la mesure où la Toyota a été déplacée après les faits, la position finale de ce véhicule n'a pas pu être déterminée.



Figure 130 : Prise de vue générale des lieux, peu après l'accident.

La chaussée étant très humide, aucune trace indiquant la position de la zone de choc n'a pu être détectée lors du premier état des lieux. Ce n'est que quelques jours plus tard qu'une trace creusée a pu être localisée sur le sol (Figure 131). Aucune trace de pneumatique n'a par contre été relevée.



Figure 131 : Position de la trace creusée retrouvée au sol quelques jours après les faits.

Compte tenu de son importance pour la reconstruction, cette petite trace creuse a été positionnée sur un croquis. Par la suite, les véhicules impliqués dans cet accident ont fait l'objet d'une recherche en garage afin d'y rechercher d'éventuelles traces de contact.



Figure 132 : Reconstitution du cycle qui se trouvait en seconde position (à l'arrière).



Figure 133 : Reconstitution du cycle qui se trouvait à l'avant, soit en première position.

Sur la Figure 134 , il est possible de constater que la trace creuse de la Figure 131 a très probablement été laissée par le pédalier du cycle positionné à l'arrière du groupe. En effet, lors du choc, le cadre en carbone du cycle s'est brisé et la roue métallique crantée a été directement en contact avec le bitume.



Figure 134 : Abrasions sur le pédalier du cycle de queue de file et trace creuse sur la chaussée.

Des transferts de traces de peinture ont également été mis en évidence sur la carcasse des vélos. La Figure 135 montre que les deux cycles se sont heurtés au niveau de la partie droite de la fourche avant (pour le cycle de derrière) et la partie gauche de la roue arrière (pour le cycle de devant). Cet élément indique que le cycle qui roulait devant était probablement légèrement décalé sur la droite par rapport au cycle de derrière.

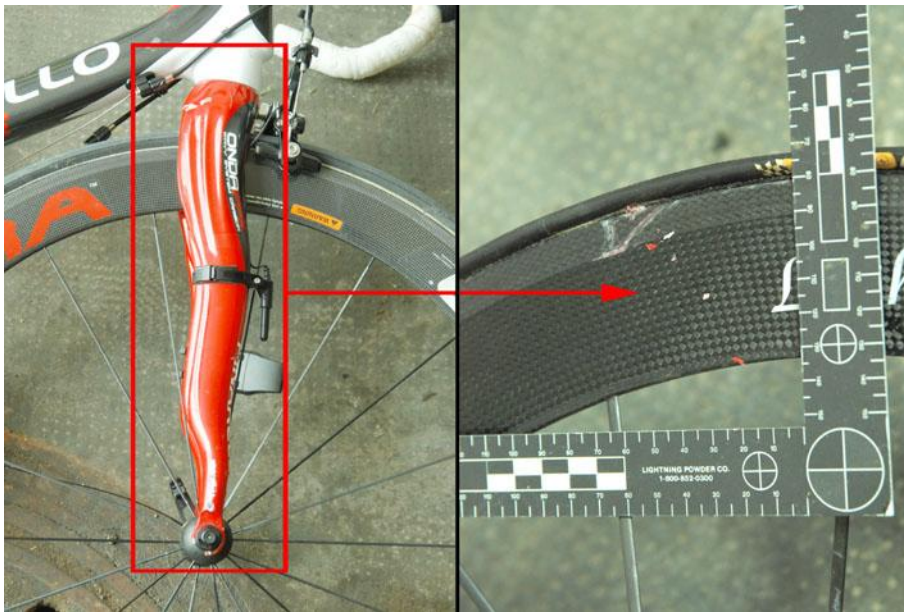


Figure 135 : Traces de transfert de peinture entre la partie droite de la fourche avant du cycle de derrière et la partie gauche de la roue arrière du cycle de devant.

L'examen du cadre du vélo qui circulait en arrière du groupe a également permis de constater que ce cycle avait reçu un choc important directement sur la roue arrière. Le cycle de devant, quant à lui, était exempt de traces de la Toyota. Il est dès lors probable qu'aucun contact n'ait eu lieu entre cette voiture et ce cycle, mais que ce dernier ait été déstabilisé par le cycle de derrière, au moment où celui-ci a été heurté. Cette hypothèse a été confirmée par l'examen des habits du cycliste de devant, qui ne présentaient aucune trace du véhicule à moteur.

L'examen de la carrosserie du véhicule a également été effectué. Des traces témoignant d'un contact très violent avec le corps du cycliste de derrière y ont été mises en évidence¹. Ces traces ont permis d'expliquer les lésions très graves constatées sur ce dernier.

¹ Le cycliste de devant souffrant uniquement d'éraflures, ce dernier n'est très probablement pas entré en contact direct avec le véhicule.



Figure 136 : Déformations sur le véhicule et traces biologiques provenant du cycliste de derrière.

5.16.4. Conclusion du cas

L'ensemble des investigations menées a permis de déterminer le déroulement des divers chocs entre les 3 véhicules. Tout d'abord, la partie avant droite de la Toyota a heurté la roue arrière du cycle en queue de groupe. La roue en carbone s'est brisée et le pédalier a laissé une trace creuse sur le sol, permettant de situer la zone de choc avec précision. Le cadre avant du cycle heurté a ensuite touché la partie gauche de la roue arrière du cycle de devant, déséquilibrant celui-ci. La configuration approximative des impacts peut être établie de la manière suivante :

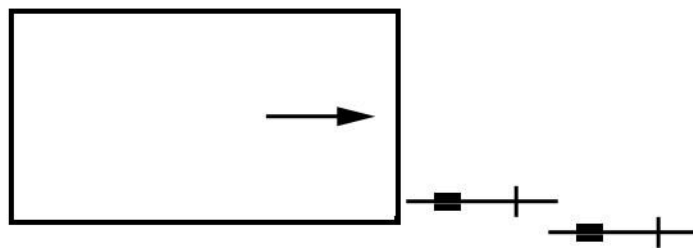


Figure 137 : Configuration des 3 véhicules au moment du contact avec la Toyota.

5.16.5. Enseignements théoriques

Tout comme certains des cas précédents, cette affaire illustre l'importance d'une recherche de traces minutieuse sur les véhicules impliqués. L'observation des différents véhicules sous l'angle des microtraces a en effet permis de préciser la configuration des contacts (Figure 137), aidant

ainsi grandement à la reconstruction de l'accident. Cet élément soutient encore une fois les hypothèses H1 et H3 du Tableau 2 (projet de ce travail). Relevons qu'afin de s'assurer d'avoir des meilleures conditions d'observation, il est conseillé de mener ces investigations en garage.

Il est également très intéressant de relever que la trace creuse n'a été détectée que lors du deuxième état des lieux. Ainsi, lorsque la lumière fait défaut et/ou que le sol est mouillé, il convient de retourner sur place ultérieurement pour finaliser les investigations de la scène. A noter qu'il est rare d'observer une trace de pédalier sur le sol. Dans le cas présent, une telle trace a été retrouvée car le cadre des cycles était composé de carbone, qui casse très facilement, mais ne se plie pas.

Par ailleurs, le transfert de matière entre les deux cycles (Figure 135) permet de compléter les résultats du sous-chapitre 4.3.3 . En effet, comme l'a montré le cas numéro 6, une roue en mouvement peut être définie comme étant un excellent récepteur de traces et nous pouvons considérer qu'elle arrache facilement des fragments de peinture à un objet en contact avec elle.

Finalement, des informations sur la sécurité dite secondaire peuvent même être tirées des déformations sur l'aile avant droite de la Toyota [FERRANDEZ, 1995]. En effet, en cas d'impact contre un piéton ou un cycliste, la carrosserie de la Toyota s'enfonce, laissant apparaître une pièce métallique très pointue et agressive, propice à empaler la victime heurtée (Figure 136).

5.17. Cas numéro 17 : type d'accident véhicule – véhicule

5.17.1. Contexte

De nuit, en ville de Neuchâtel, le conducteur d'un véhicule de marque Renault Clio, circulant sur une route rectiligne et éclairée a effectué un long freinage d'urgence avant d'entrer en collision avec une camionnette de marque Ford Transit, parquée sur le rebord de la route. La limite de vitesse dans la zone de l'accident est de 50 km/h.

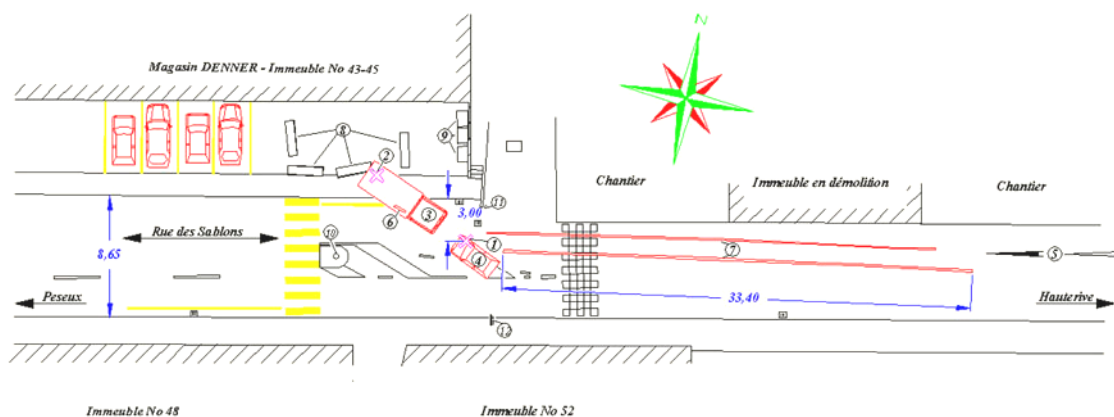


Figure 138 : Plan établi par le groupe accident.

La Figure 138 et la Figure 139 illustrent la longueur des traces de freinage laissées par le véhicule de tourisme, ainsi que les positions finales des 2 véhicules. A noter que la position exacte de la camionnette Ford Transit avant l'impact était indéterminée.



Figure 139 : Prise de vue générale de la scène de l'accident.

5.17.2. Mission

Le but des investigations a été défini comme suit :

- donner une estimation de la vitesse du conducteur de la Renault Clio;
- déterminer la position de la camionnette sur la chaussée, afin de savoir si cette dernière empiétait sur la voie de circulation.

5.17.3. Investigations

Les traces de freinage relevées sur place et laissées par les deux véhicules ont permis de déterminer la configuration du choc entre la camionnette et la voiture de tourisme. La figure suivante illustre cette configuration.

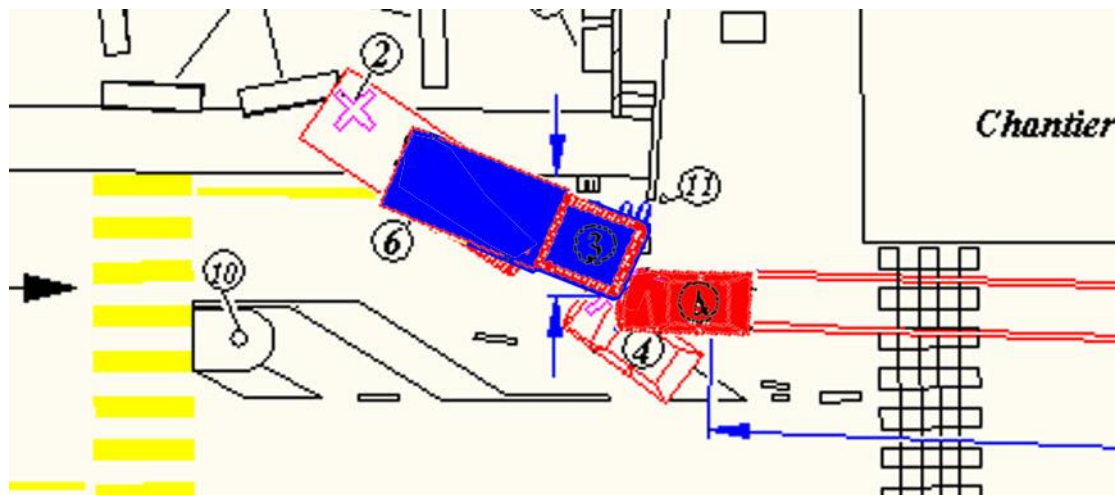


Figure 140 : Configuration du choc entre les deux véhicules.

La Figure 140 démontre que la camionnette était stationnée de manière inopportune. Cette dernière débordait d'environ 3m sur la route, entravant le trafic à cause de la présence de l'îlot central. Cet élément a permis de réfuter les dires du chauffeur de la camionnette, car ce dernier n'admettait qu'un débordement de 50 cm uniquement.



Figure 141 : Positions finales des deux véhicules.

En ce qui concerne la vitesse du véhicule Renault Clio, cette dernière a pu être estimée grossièrement sur la base des traces de freinage laissées pour les deux véhicules sur le sol. Les déformations observées sur les deux véhicules n'étant pas très importantes, elles ont été négligées lors des calculs de vitesse. Dans la même logique de simplification, le déplacement de quelques

centimètres d'un bloc en béton a également été négligé (Figure 142). Compte tenu de ce processus de simplification, il convient de garder à l'esprit que la vitesse estimée dans ces calculs est sous-évaluée.



Figure 142 : Vue détaillée du choc secondaire entre la camionnette et un bloc de béton.

Les phases de post-collision et de pré-collision ont été reconstituées en se basant sur l'Équation 2 . Une vitesse initiale minimale de 80 – 85 km/h a pu être déterminée pour le conducteur de la Renault Clio au début des traces de freinage. Cette vitesse, qui est inférieure à la vitesse réelle (car sous-évaluée), est déjà supérieure à la vitesse annoncée par le conducteur sur les procès verbaux d'audition (70 – 80 km/h). Elle dépasse également largement la vitesse autorisée, qui est de 50 km/h.

5.17.4. Conclusion du cas

L'ensemble des investigations menées dans le cadre de cette affaire a permis de montrer que la camionnette empiétait de manière importante sur la route, gênant grandement la circulation à cause de la présence d'un îlot central. De même, il a été prouvé que la vitesse du conducteur de la voiture de tourisme était largement au-dessus de la limite autorisée (80 – 85 km/h au lieu de 50 km/h).

Compte tenu de ces informations, il va de soi que les responsabilités devront être attribuées de manière probablement partagée par le magistrat en charge du dossier.

5.17.5. Enseignements théoriques

Ce cas démontre la plus-value apportée par les calculs de vitesse dans les cas où un fort dépassement peut être suspecté. Les estimations simplifiées sont également très avantageuses car elles permettent d'obtenir très vite une fourchette de vitesse minimale, permettant de confirmer ou infirmer les dires des personnes impliquées. A noter toutefois que les éventuelles simplifications (négligences d'un paramètre) doivent être mentionnées dans la conclusion.

La détermination de la position des véhicules au début de la phase de choc est également primordiale pour établir avec précision les responsabilités dans cette affaire. En l'occurrence, ce cas démontre que bien que le conducteur de la voiture de tourisme ait commis une faute grave, il est possible que le chauffeur de la camionnette doive porter une partie des responsabilités de l'évènement.

Dans cette affaire, aucune exploitation des microtraces n'a été réalisée dans la mesure où les calculs de vitesse ont été réalisés de manière grossière. Relevons toutefois que la mise en œuvre d'exams microscopiques aurait pu permettre d'acquérir une meilleure précision au niveau de la configuration de choc. Ainsi, une réelle plus-value dans l'optique d'une exploitation plus poussée en cinématique aurait été acquise.

6. DESCRIPTION DES TRACES RENCONTRÉES

Les trois chapitres précédents constituent le premier bloc pratique de ce travail. Pour rappel, les Chapitres 3 et 4 mettent en avant une problématique et tentent d'y remédier, ou tout au moins d'ajouter une pierre à l'édifice. Le Chapitre 5, quant à lui expose un certain nombre de cas pratiques, choisis en fonction de l'attrait qu'ils représentent et permettant de justifier ou d'illustrer certains aspects théoriques. Ce sixième chapitre, contrairement aux autres, a pour but de mettre en évidence les différentes traces rencontrées jusqu'alors dans ce travail et vise la plus grande exhaustivité possible. Il ne s'agit plus de vérifier certains éléments théoriques rencontrés, mais plutôt de d'apporter une première conclusion aux résultats obtenus, tout en développant encore ces derniers.

Ainsi, au cours de ce chapitre, considéré également comme faisant partie de la partie pratique de cette étude, une énumération des éléments pertinents les plus couramment rencontrés dans les accidents de la circulation est effectuée [VAN KIRK, 2001]. Il convient d'ores et déjà de mentionner le fait que l'ensemble de ces traces, sans exception, peut faire l'objet de plus d'expérimentations. Ce chapitre n'énumère en effet que les grandes lignes de leur potentiel d'exploitation.

Pour chacun des sous-chapitres suivants, l'importance associée au prélèvement des traces est grande [BUHLMANN, 2009]. Aucune séparation n'est cependant effectuée selon le modèle $H V_{int} V_{ext} E^1$ pour des raisons de lisibilité. Toutefois, il est primordial de garder à l'esprit que la majorité des traces peut être retrouvée à l'intérieur d'un véhicule, sur la carrosserie de ce dernier, sur le sol, sur un obstacle ou encore sur le corps d'un piéton heurté ou d'un automobiliste éjecté.

A noter également que les consignes de prélèvements sont toujours valables, même si elles ne sont pas forcément rappelées ici (photographies du prélèvement in situ, descriptions de la surface, mesures des hauteurs des traces, description de la trace, historique du prélèvement, suivi de la preuve, etc.). De même, ce chapitre a été conçu en s'appuyant sur l'hypothèse selon laquelle les traces décrites ont été recherchées de manière optimale. Cette dernière remarque fait office d'hypothèse de travail.

6.1. Déformations

Deux catégories principales d'informations sont extraites de la carcasse d'un véhicule impliqué dans un accident de la circulation. Une distinction est faite entre les traces déposées sur le

¹ Humain (corps et vêtements), Véhicule (intérieur de l'habitacle), Véhicule (surface externe) et Environnement (sol et obstacles).

véhicule d'une part et les dégâts ou déformations subits par ce dernier d'autre part. Cette séparation n'a néanmoins pas lieu d'être en réalité, car l'exploitation combinée de ces deux sources d'indices augmente encore leur valeur.

Les informations concernant les dégâts observés sur un véhicule doivent être collectées de manière adaptée à l'ampleur des déformations. S'il est souvent difficile de mesurer directement une déformation à l'aide d'une règle, cette méthode élémentaire demeure envisageable lorsque les dégâts sont très localisés¹.

Il existe plusieurs techniques pour la prise d'information sur les déformations. Une des méthodes efficaces employée consiste à effectuer des photographies de la zone déformée en variant les angles et les hauteurs des prises de vue² (si nécessaire, un escabeau peut être requis). Cette façon de faire permet d'obtenir chaque point de la déformation plusieurs fois sur les images. Il est admis que le nombre minimum de photographies à effectuer lorsque cette technique est utilisée est égal au nombre de dimensions désirées + 1 (4 en général). Cette méthode permet par la suite l'utilisation de la photogrammétrie³ par exemple, afin de modéliser la surface du véhicule⁴.



Figure 143 : Exemple de déformation nécessitant l'utilisation de la photogrammétrie.

¹ Tel est généralement le cas lorsqu'un véhicule heurte un poteau ou un arbre.

² Netteté et grossissement fixes.

³ Via le programme Elcovision par exemple.

⁴ Dans certains cas, un scanner 3D peut être employé comme substitut à la photogrammétrie classique. Cet appareil permet d'obtenir une image représentant parfaitement la texture d'une surface. Il offre la possibilité de mesurer des déformations, mais également de modéliser un objet quelconque.

Il est également envisageable de décrire les déformations en mesurant le recul d'empattement, la dégradation des structures intérieures (airbags, prétensionneurs, ...), des structures extérieures (pieds, longerons, ...) ou en se basant sur la classification CDC (Collision Deformation Classification) [SAE, 1972].

L'étude des déformations vise trois buts principaux. Le premier a été exposé au sein du sous-chapitre 3.2.1 et consiste à comprendre la nature du choc. Cette dernière se doit d'être compatible avec l'évènement annoncé. En effet, les dégâts causés par un arbre, un poteau, un mur, un véhicule, un piéton ou un cycle sont tous différents. Dans la mesure où cette partie a déjà été traitée, elle n'est pas reprise dans ce chapitre.

La deuxième manière d'utiliser les déformations dans les accidents de la circulation est également très importante dans le cadre de la reconstruction cinématique. Il s'agit en effet d'utiliser la forme des carrosseries endommagées afin de pouvoir repositionner les véhicules dans leur phase de collision, au point de déformation dynamique maximale (Figure 144).

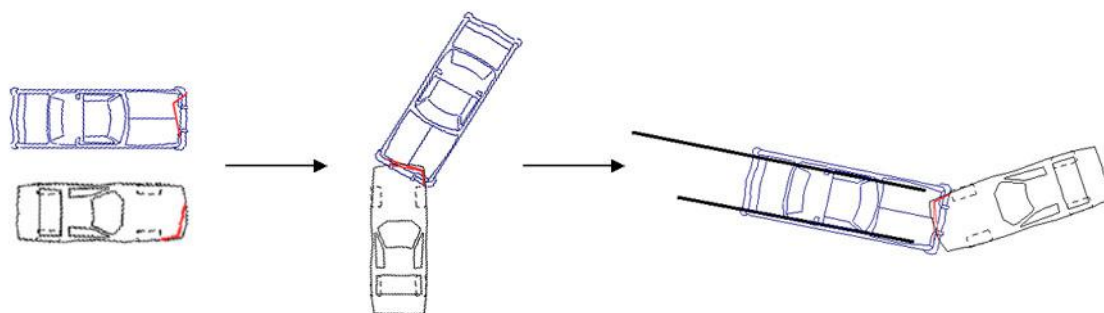


Figure 144 : Possibilités d'exploitation des déformations de la carrosserie.

Finalement, le troisième but principal du recueil des déformations est de calculer l'énergie perdue par un véhicule lors d'un choc. Cette énergie ne peut être obtenue que par comparaison des déformations du véhicule avec des données issues principalement de « crash tests » appelées EES¹.

Le cas pratique numéro 5.14 offre un exemple de l'utilisation des banques de données d'images d'EES contenues dans le programme PC-Crash[®].

6.2. Pneumatiques

L'exploitation des traces de pneumatiques est multiple. Elle donne une indication sur le véhicule qui les a laissées² (6.2.2), mais également sur la vitesse, l'accélération (positive ou négative) et la

¹ Energy Equivalent Speed [km/h].

² Largeur des pneumatiques, empattement, voies.

trajectoire de ce dernier, grâce aux différents types de traces présentes et à leur longueur (6.2.1). Des traces de pneumatiques peuvent être retrouvées sur le sol, sur la carcasse d'un véhicule ou encore sur une victime [RIVERS, 1988 ; BURG, 1984 ; BAKER, 1985 ; FRICKE, 1990].

6.2.1. Aspect dynamique des traces

L'exploitation dynamique des traces de pneumatiques constitue la problématique la plus souvent rencontrée. Elle débute par la prise d'information sur les lieux. Les traces de freinage, d'accélération, de dérive et de ripage¹ observées sur le sol sont relevées, puis reportées sur un croquis à l'échelle. La position exacte du début et de la fin des traces doit être détectée le plus précisément possible², puis marquée sur le sol à la craie ou au spray. Cette méthode de délimitation est également utilisée pour noter la position des roues et des angles des différents véhicules immobilisés, impliqués dans l'accident. Si les traces ne sont pas complètement rectilignes, la mesure du rayon de courbure ou de l'angle de changement de direction est également requise. Afin de garantir une précision maximale dans les mesures, l'investigateur effectue ses observations dans un laps de temps raisonnable et en fristance. Les traces de pneumatiques perdent en effet en intensité avec le temps. Certaines techniques permettent de visualiser des traces latentes de pneumatiques sur le sol grâce à un appareil de détection thermique, jusqu'à 40 minutes après les faits, sur route sèche [RABEK, 2004].

Si la chaussée est mouillée lors de l'état des lieux, il peut par ailleurs arriver que les traces de pneumatiques soient momentanément latentes. Il est dès lors conseillé de laisser la route sécher afin de détecter ultérieurement un maximum d'éléments provenant de l'accident³. Pour ce faire, il est envisageable de revenir sur place quelques jours plus tard ou de protéger la zone avec une bâche pour les cas très graves qui justifieraient une fermeture à long terme de la route.

La mesure de la longueur des traces n'est pas suffisante pour un bon état des lieux. En effet, il est important de photographier en détail l'allure de chaque trace et les changements constatés le long de ces dernières. Cette procédure est vivement conseillée afin de différencier une trace de freinage d'une trace de ripage ou d'accélération. Ces différentes manœuvres laissent en effet une signature sensiblement différente qu'il convient de détecter. En guise d'exemple, une trace d'accélération laissera un dépôt plus dense à son début et s'estompera petit à petit alors qu'une

¹ Une trace de ripage/dérapiage se différencie d'une trace de dérive dans la mesure où le conducteur d'un véhicule laissant des traces de dérive n'a pas encore perdu la maîtrise de son véhicule. Il se situe dans une zone critique.

² Difficulté en cas d'équipement ABS [ACS, 1987] ou/et de chaussée mouillée. Dans tous les cas, il convient d'utiliser une illumination adéquate et d'observer les traces en fristance, c'est-à-dire avec un très petit angle d'incidence avec le sol.

³ Le fait de permettre à la route de sécher permet également de mettre en évidence d'autres traces difficiles à détecter, telles que des traces creuses par exemple.

trace de freinage débutera doucement pour finir de manière plus brutale. Les quelques figures suivantes démontrent les multiples aspects d'une trace de pneumatique [HEINRICH, 2002].

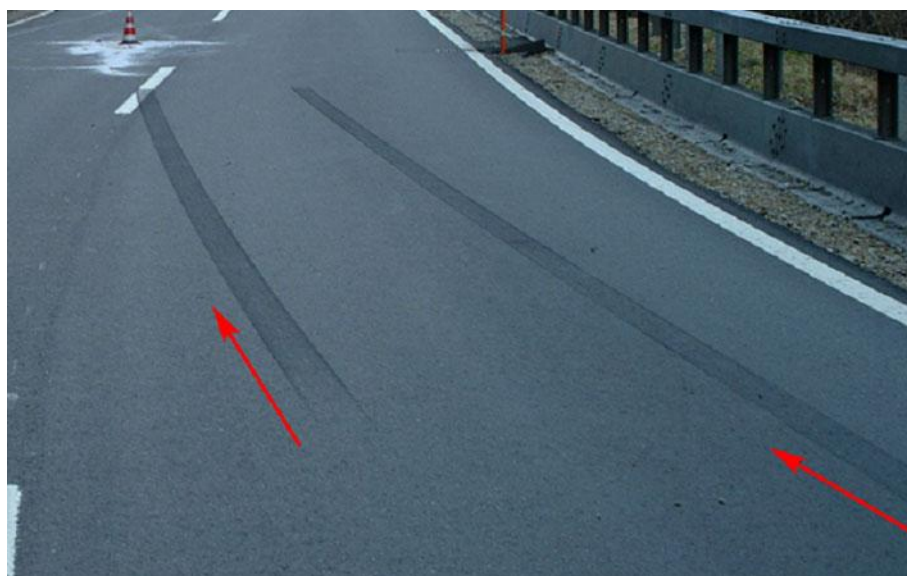


Figure 145 : Trace de freinage.

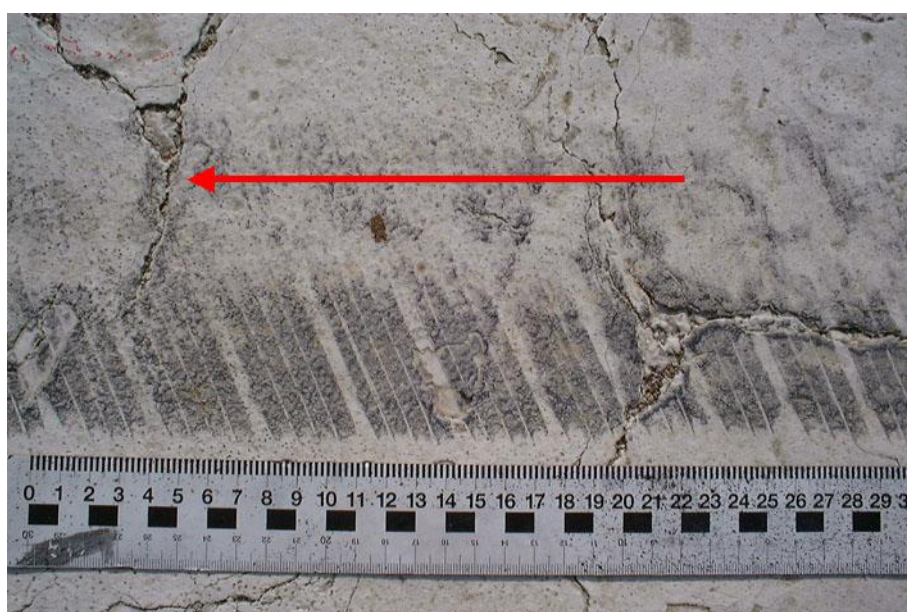


Figure 146 : Trace de ripage.

La trace de ripage, telle qu'elle est illustrée au sein de la Figure 146 est le témoin muet d'une perte de maîtrise du véhicule. En effet, cette trace démontre une orientation des roues qui ne correspond pas avec l'axe de mouvement du véhicule. Toutefois, quelques conducteurs

expérimentés sont capables de produire ce type de traces de manière volontaire en contrôlant leur véhicule lors de dérapages provoqués intentionnellement.

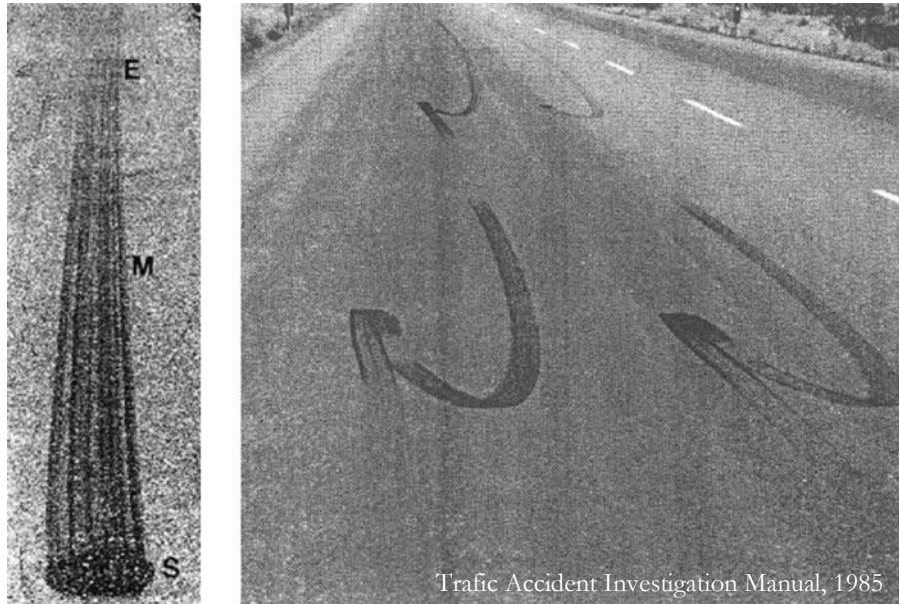


Figure 147 : Trace d'accélération à gauche et traces d'accélération, puis de freinage à droite [BAKER, 1985].

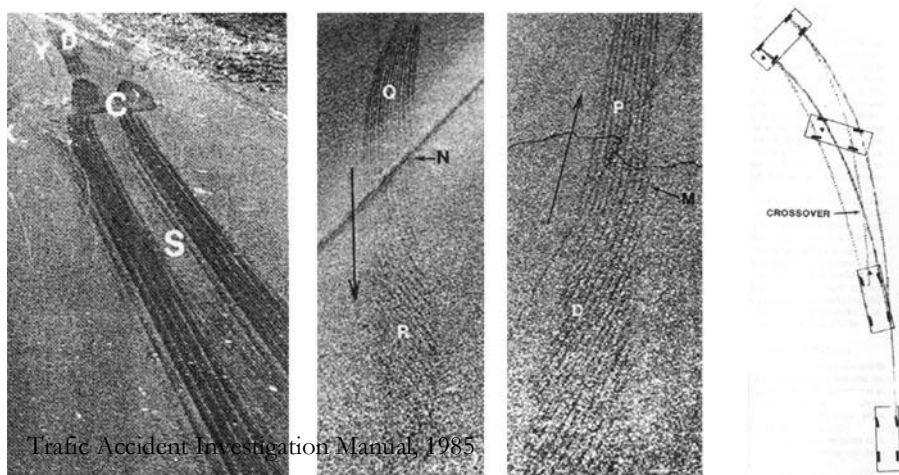


Figure 148 : Trace de pneumatique en cas de collision à gauche (C) et traces de ripage au centre et à droite (schéma d'un tête-à-queue) [BAKER, 1985].

La Figure 148 démontre le type de traces rencontrées sur le sol lors d'un tête-à-queue. Il s'agit de traces de ripages qui se croisent. A l'instant où ce type de croisement est rencontré, il est très probable que le véhicule ait entamé un retournement et se retrouve dans le sens contraire de la voie de circulation.

Finalement, une indication quant à la trajectoire peut également être obtenue sans pour autant qu'il y ait eu ripage, dérive, accélération ou décélération. Dans la Figure 149 en effet, des traces de ce type ont été laissées sur une surface herbeuse. Ce phénomène se produit également sur un sol mou tel que de la boue, de la terre malléable ou de la neige.



Figure 149 : Trajectoire d'un véhicule dans un champ (traces de pneumatiques).

6.2.2. Aspect comparatif des traces

Les traces laissées par des pneumatiques sur les lieux d'un accident de la route jouent également un rôle dans le processus d'identification. Ce processus débute par la comparaison de la voie, de l'empattement et de la géométrie générale des roues. Lorsque ces premières mesures concordent avec un véhicule suspect, l'étape analytique est alors envisageable.

Les compositions des gomme sont comparées analytiquement, en procédant idéalement par pyrolyse couplée à une chromatographie en phase gazeuse et une spectrométrie de masse (Py-GC-MS)¹. Dans ce cas de figure, le prélèvement d'une trace fraîche doit être effectué avec des brucelles ou une feuille de gélatine blanche, directement sur le bitume et à l'endroit le plus propice. Cette zone dépend de la quantité de gomme déposée sur le sol : elle se situe en début de traces lors d'accélération (Figure 147) et en fin de traces pour les freinages (Figure 145). Lorsque la trace est vieille et si le cas est grave, il est également possible de prélever directement le support de la trace (béton).

¹ Méthode notamment pratiquée à l'IRCGN ainsi qu'à l'IPS. Au niveau des comparaisons analytiques, les résultats préliminaires de Mme Line Gueissaz, doctorante et maître d'enseignement et de recherche à l'IPS, sont très prometteurs.

Le dessin du profil des pneumatiques (Figure 150 et Figure 151), s'il est retrouvé sur les lieux sous forme d'une trace moulée¹ ou glissée, apporte également certaines possibilités de remonter jusqu'à la marque, le modèle, voire l'année de construction d'un pneu. Une identification est envisageable si des caractéristiques acquises sont présentes [PETER, 2001].

L'information obtenue lors des comparaisons énoncées ci-dessus se situe principalement au niveau de la source (niveau de proposition). Toutefois, l'intégration de l'aspect dynamique de la trace permet de fixer des propositions au niveau de l'activité puisqu'il devient possible de déterminer si le véhicule accélérât ou freinât par exemple.

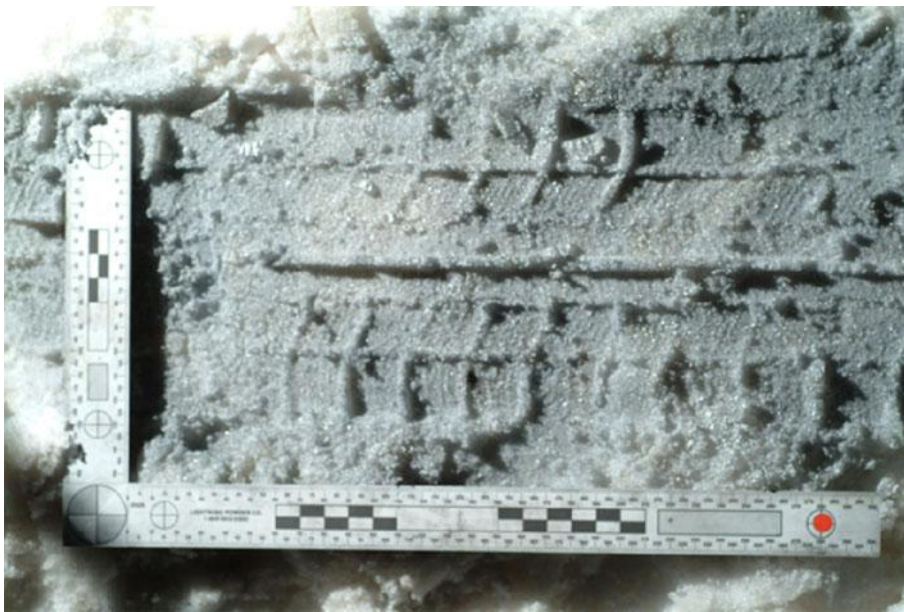


Figure 150 : Trace de pneumatique dans de la neige.

¹ Neige, terre molle, boue, peau ou habits d'une victime par exemple.



Figure 151 : Trace de pneumatique sur les vêtements d'une victime.

6.2.3. Causes d'éclatement – examen de l'état d'un pneumatique

Il peut arriver qu'un dysfonctionnement au sein d'un véhicule soit la cause d'un accident de la circulation. D'autre part, la défaillance technique est une des explications les plus souvent fournies par un automobiliste en faute. Il est en effet tentant de mettre en cause un pneu soi-disant défaillant, sous-gonflé ou percé préalablement par un acte de vandalisme. Lorsqu'il y a suspicion de mauvaise foi, mais plus souvent dans un but de contrôle de routine, le véhicule accidenté fait l'objet d'investigations afin de déterminer les causes de l'éclatement d'un pneumatique. Les figures suivantes démontrent qu'il existe de nombreuses méthodes pour détecter la cause d'un éclatement : un sous gonflage ne laissant pas les mêmes traces qu'une usure excessive ou un impact préalable. Ces différences d'aspects doivent être connues par la personne chargée de l'examen des pneumatiques [SEITZ a et b, 1982].

Avant toute chose, il est nécessaire de déterminer si l'état général de l'ensemble des pneus du véhicule est bon et si ces derniers sont rechapés ou non. La pression des pneumatiques restants doit également être contrôlée, de même que l'usure de l'ensemble des bandes de roulement (Figure 152).

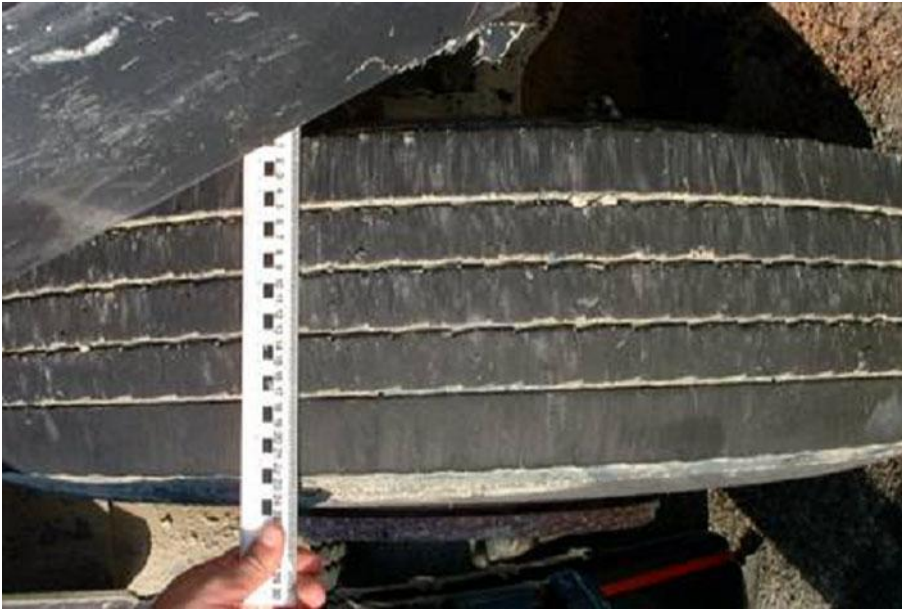


Figure 152 : Observation de l'usure d'une bande de roulement.

Par la suite, la jante du pneumatique crevé est observée avec soin. Pour cet examen, elle ne doit pas être désolidarisée du pneumatique. Les déformations constatées sur la jante doivent être répertoriées et il convient de vérifier si elles peuvent correspondre à une éventuelle fissure ou déchirure de la gomme. Si c'est le cas, il est alors possible que la crevaison ait eu lieu suite à un impact contre un objet dur (Figure 153).



Figure 153 : Déformation constatée sur une jante suite à un choc.

Au terme du contrôle de la jante, c'est la gomme elle-même qui doit être vérifiée. La présence de traces d'objets tranchants (stries) dans les parties latérales met en évidence un acte de vandalisme par exemple. D'un autre côté, la bande de roulement peut également contenir un objet étranger pouvant justifier une crevaison lente conduisant à l'éclatement du pneu (Figure 108).

Finalement, la conduite d'un véhicule dont un pneumatique est sous-gonflé (mauvais entretien ou crevaison lente) entraîne un échauffement important de la matière. Comme le montrent les deux schémas ci-dessous, cet échauffement concerne principalement les parties latérales du pneu, qui sont très proches de la bande de roulement. En effet, c'est à cet endroit que les distorsions sont les plus grandes puisqu'il s'agit d'une zone intermédiaire entre la bande de roulement qui est très rigide et la partie latérale qui l'est beaucoup moins.

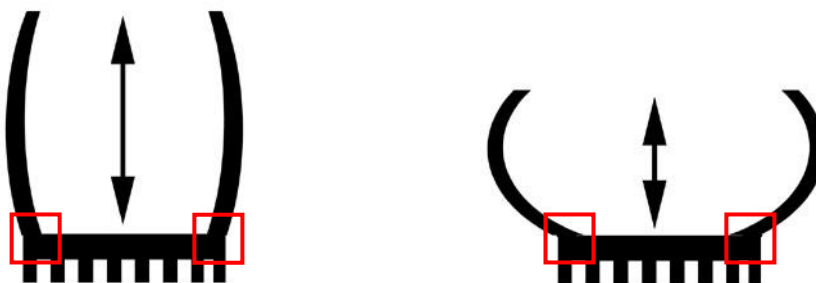


Figure 154 : Mouvement d'un pneumatique sous-gonflé.

A noter que l'échauffement de la gomme illustré dans la Figure 154 se transmet peu à peu à tout le pneu au fur et à mesure que le véhicule roule, en commençant par les extrémités de la bande de roulement. Ces extrémités se ramollissent donc fortement et finissent par laisser deux traces fines et parallèles sur la route. La mise en évidence de ces traces est également un indicateur très fort d'un manque important de pression dans le pneumatique [RIVERS, 1988].

Cet échauffement se traduit par l'apparition de traces circulaires de fusion à l'intérieur du pneumatique. Ces dernières sont présentes sur toute la circonférence du pneu et des deux côtés de la bande de roulement (Figure 155).



Figure 155 : Traces de fusion à l'intérieur d'un pneu éclaté par manque de pression.

6.3. Peintures, matériaux de revêtement

Lorsque l'on mentionne la trace « peinture » dans un accident de la circulation, ceci comprend les peintures automobiles (carrosserie, plaques minéralogiques et jantes), les peintures des installations routières¹ ainsi que les peintures des casques de protection² d'éventuelles victimes [MATHIEU, 2003]. Les règles concernant les prélèvements à effectuer sur le casque d'une victime sont approximativement les mêmes que celles concernant les carrosseries de véhicules et sont décrites au point 8.7.1 de ce travail, soit dans la partie traitant de l'optimisation des méthodes de recherche et de prélèvement. Certains types de casques possèdent en effet un système de mise en peinture similaire à celui que l'on peut observer sur une automobile : présence de plusieurs couches, d'épaisseurs, de couleurs et de compositions variables.

¹ Panneaux de signalisation, bornes, glissières, poteaux, ...

² Motards, cyclistes, patineurs, ...



Figure 156 : Mise en évidence du revêtement appliqué sur un casque brisé.

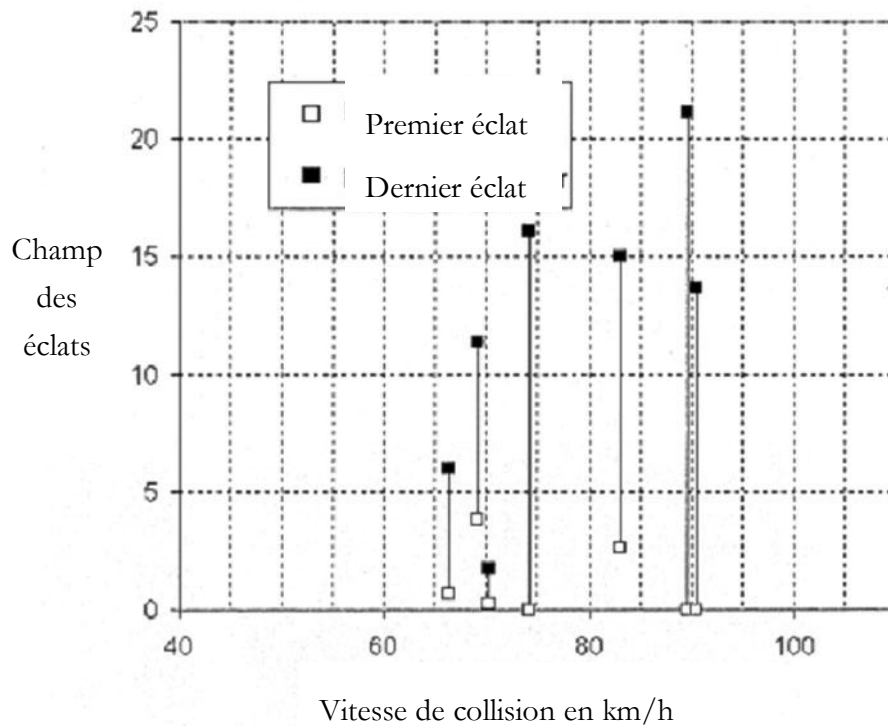
Tout comme le plastique, les peintures prennent la forme de traces glissées¹ ou de fragments² et peuvent être transférées sur un obstacle, une personne heurtée, un véhicule ou directement sur le sol (Chapitre 4). Ce type de trace est extrêmement utile et donne le plus souvent une indication de source car elle permet de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse d'un contact entre deux corps³. Des questions propres à l'activité peuvent également être résolues, à condition de maîtriser les données relatives au transfert et à la persistance des traces.

De plus, la trace peinture permet de résoudre des problèmes plus complexes rencontrés lors des reconstructions d'accidents. Ainsi, lorsque des débris de peinture sont projetés au cours d'un impact, la distance parcourue par ces derniers donne également une indication de la vitesse au moment du choc. Ce paramètre s'avère donc utile dans le cadre de la reconstruction de l'accident. L'exemple donné dans le Graphique 40 est tiré d'un manuel faisant office de référence dans le domaine [BURG & RAU, 1981].

¹ Fusion des couches supérieures ou de l'ensemble de la peinture.

² Eclatement de la surface qui se détache du support.

³ Certains auteurs proposent une analyse bayésienne pour évaluer la valeur d'une indifférenciation [TARONI *et al*, 2010].



Graphique 40 : Distances de projection des fragments de laque et vitesses d'impact [BURG & MOSER, 2007].

Comme le montre le paragraphe suivant, l'analyse en laboratoire des différentes couches transférées peut permettre d'identifier une peinture comme étant la source d'une trace, mais également d'obtenir des renseignements sur la marque, le modèle et l'année de construction d'un véhicule en fuite (banques de donnée EUCAP, FRCAP et RCMP).

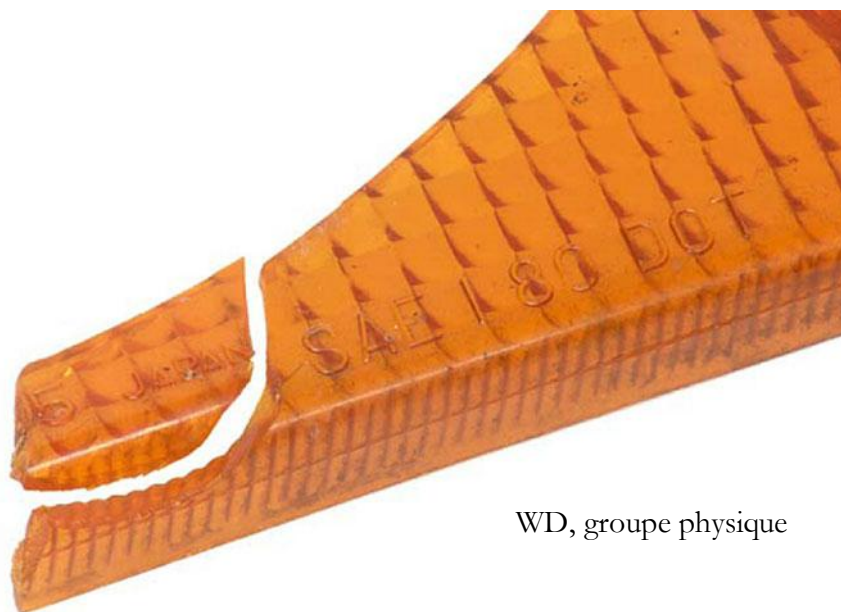
En cas de découverte d'un fragment de peinture sur la scène d'une fuite, il convient tout d'abord de photographier la face externe du fragment afin de sécuriser la position et la forme d'éventuelles griffures de surface. Une partie du fragment est ensuite incluse dans une résine et des coupes microtomiques sont effectuées. Cette préparation permet d'effectuer l'analyse FTIR de chaque couche de l'échantillon. La comparaison de la composition chimique des couches avec les banques EUCAP et l'observation de la couleur de la surface de la peinture en rapport avec des tables de couleur, permettent de déterminer une liste de véhicules pouvant être à l'origine de la trace. Il va de soi que lorsqu'un véhicule suspect est retrouvé, des analyses optiques, physico-chimiques et chimiques doivent ensuite être effectuées afin d'évaluer l'origine commune entre la peinture indiciaire et la peinture du véhicule.

6.4. Polymères plastiques

Les polymères plastiques sont très nombreux dans le parc automobile mondial de nos jours. En effet, les carénages de moto, les pare-chocs des voitures de tourisme, les pièces à l'intérieur de l'habitacle, certaines pièces de protection des carrosseries et la plupart des optiques récents sont en plastique.

L'aspect morphologique des polymères plastiques a été étudié au sein du Chapitre 3 . En substance, il a été démontré qu'à l'œil nu, il est souvent difficile de différencier des traces glissées de plastique des traces glissées de peinture. Toutefois, un rapide examen au microscope permet facilement de faire la différence. A l'instar des peintures, les traces de polymères plastiques donnent également des informations quant à la source et à l'activité. Les conditions pour fixer des propositions au niveau de l'activité sont les mêmes que pour les peintures, soit une bonne connaissance des paramètres de transfert et de persistance des traces.

En cas de transfert de fragments de plastique sur les lieux d'un accident, il convient de ne rien trier et de tout emporter dans un sac approprié. En effet, les chances d'effectuer des preuves par assemblages ne doivent pas être négligées (Figure 157). En présence de ce type de preuve, il est possible de relier le véhicule avec un lieu et/ou de faire un lien entre deux objets.



WD, groupe physique

Figure 157 : Preuve par assemblage, suite à un bris d'optique en plastique.

Tout comme les fragments de verre ou de peinture, il est important de délimiter les zones en cas d'éjection de particules de plastiques. Les distances de jet permettent en effet d'affiner les calculs visant à déterminer la vitesse d'un impact.

En cas de délit de fuite ou de doute quant à un contact, les fragments et traces glissées de plastique doivent être conservés afin de pouvoir être utilisés pour une comparaison ultérieure si nécessaire. Si les traces glissées de plastique ont une valeur relativement faible en terme de potentiel d'identification (composition chimique relativement commune entre les différentes marques et modèles de véhicules), il n'est pas de même avec les fragments, qui contiennent un certain nombre d'informations très pertinentes sur leur surface (chiffres, lettres, formes particulières ou/et dessins). En l'absence d'un véhicule suspect, l'exploitation de ces informations, notamment grâce aux banques de données du BKA (banque LUNA) et de l'IRCGN (groupe d'identification mécanique), permet d'obtenir une indication sur le type de véhicule source. Si le morceau de plastique est suffisamment gros, cette information peut également être obtenue auprès d'un garagiste ou d'un carrossier de la marque en question¹.

A noter finalement que les pièces plastiques composant l'intérieur d'un véhicule ont très souvent des textures et des couleurs différentes². Cette différence de structure s'avère très utile dans la mesure où une trace de plastique fondu, retrouvée sur les vêtements d'une victime éjectée nous fournit une information permettant de localiser le point d'impact/de friction dans l'habitacle de manière précise. Ce renseignement, situé au niveau de l'activité, s'avère primordial afin de reconstruire la position de plusieurs occupants d'un véhicule avant une collision. Toutefois, une telle exploitation demande passablement de ressources, puisqu'elle implique l'étude exhaustive des différentes pièces de comparaison, composant l'habitacle.

6.5. Verres

Les verres regroupent différents éléments de carrosserie d'un véhicule. Ainsi, les pare-brises, les vitres arrière et latérales, les anciennes optiques³ et les rétroviseurs sont concernés.

Lorsqu'un accident de la circulation implique plusieurs véhicules, il peut arriver qu'il y ait transfert de verre d'un des véhicules vers la carrosserie d'un autre véhicule ou sur une personne heurtée. Dans ce cas, la comparaison entre les fragments indiciers et le matériel de référence permet d'obtenir des informations se situant au niveau de la source et de l'activité si les paramètres de transfert et de persistance sont connus. En règle générale, il est admis que le transfert de verre entre deux véhicules est envisageable, mais que la persistance du verre sur la carrosserie est relativement faible (Figure 158).

¹ Grâce à l'aspect morphologique.

² Ceci implique également des compositions chimiques potentiellement différentes.

³ Actuellement en polycarbonate.



Figure 158 : Exemple d'un transfert de verre d'optique sur une carrosserie (persistance faible).

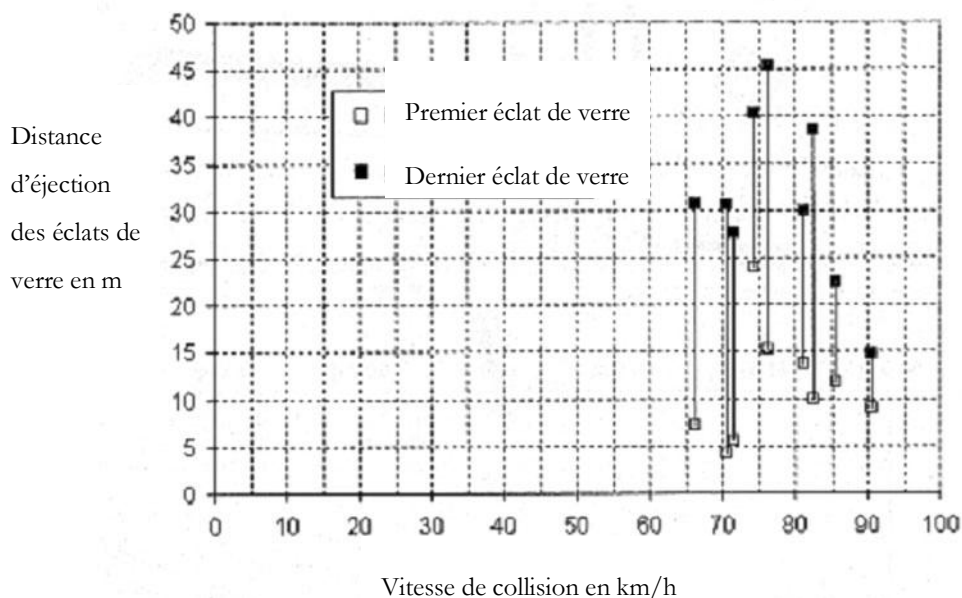
En ce qui concerne la quantité de verre retrouvée sur la chaussée, cette dernière est beaucoup plus élevée que celle transférée sur un véhicule, une personne ou un objet. Ainsi, sur les lieux d'un accident de la circulation, il est extrêmement difficile de différencier les fragments de verre pertinents des autres. Tout comme les traces de polymères plastiques, l'étape du tri doit être effectuée en laboratoire de manière rigoureuse afin de ne pas éliminer à tort une trace qui pourrait se révéler être un indice très important par la suite. Les fragments de verre sont en effet utilisés dans la pratique, dans un but comparatif (examens optiques, physico-chimiques ou chimiques) et ont également un potentiel non négligeable dans le but d'effectuer d'éventuels assemblages.

Retrouver du verre sur les lieux d'un accident de la circulation amène une information double : Premièrement, cela permet de donner une indication sur la provenance du verre et donc sur le type de véhicule qui en est la source¹. Tout comme pour les plastiques, cette information est obtenue notamment via la morphologie de l'éclat et les éventuels codes (complets ou non) présents sur ce dernier. Deuxièmement, la distance « zone de débris - point d'impact » permet de confirmer une vitesse obtenue préalablement par l'exploitation des traces de freinage et des déformations/dégâts². Cet examen est possible en comparant les distances avec les nombreuses

¹ Cet élément est utile dans les cas de délits de fuite principalement.

² Pour cela, il existe des tables de conversion pour l'éjection de différents types de matériaux/objets [RAU et al, 2000].

données et études publiées dans la littérature [BRAUN, 1980 ; BURG & RAU, 1981 ; BURG & MOSER, 2007].



Graphique 41 : Distances d'éjection des fragments de verre et vitesses d'impact [BURG & MOSER, 2007].

Il convient de rappeler qu'en cas de bris du pare-brise, du verre est également éjecté à l'intérieur de l'habitacle. Dans ce type de cas, la trace "verre" apporte une information très intéressante dans la mesure où des particules de verre sont transférées sur les vêtements des personnes présentes à l'intérieur de l'habitacle. Cet élément est utilisé si un conducteur suspecté d'avoir pris part à un accident nie son implication par exemple¹. Relevons cependant qu'il existe souvent un bruit de fond non négligeable à l'intérieur d'un véhicule non accidenté. En effet, plusieurs groupes de verres différents peuvent y être retrouvés² et la taille de ces fragments peut dépasser 3 mm [BIEDERMANN, 2001].

6.5.1. Sens de bris d'un pare-brise

Lorsque la nature d'un impact sur un pare-brise est indéterminée, il est utile de pouvoir déterminer si le choc qui a brisé le verre provenait de l'intérieur (corps d'un occupant) ou de

¹ Annonce du vol de son véhicule notamment.

² L'étude menée en 2001 par BIEDERMANN fait état de moins de 9 groupes de 1 à 2 fragments pour une majorité des véhicules. Il va de soi que lorsqu'un véhicule est en rapport avec des affaires criminelles, ces chiffres sont accrus.

l'extérieur du véhicule (piéton heurté). Une série de tests a donc été effectuée sur divers pare-brises présents dans un dépôt de véhicules¹. Les résultats sont exposés ci-dessous :

6.5.1.1. Déformations et dégâts du pare-brise

Le premier élément permettant de déterminer la direction du choc est la déformation provoquée par l'impact. Si le pare-brise est bombé en direction de l'extérieur, il est très probable que le choc provienne de l'intérieur de l'habitacle et vis versa (Figure 159).

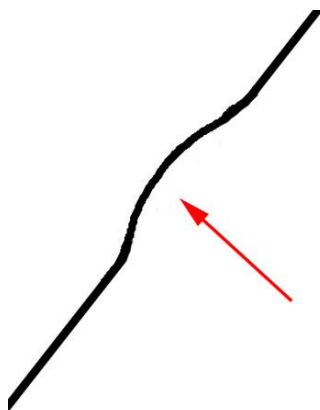


Figure 159 : Sens de choc et aspect bombé.

6.5.1.2. Lignes conchoïdales²

Dans la mesure où un pare-brise est composé de deux couches de verre, séparées d'une couche de plastique, ce dernier ne réagit pas tout à fait de la même manière qu'une vitre standard en cas de bris. Bien que les lignes conchoïdales ne soient pas inversées par rapport aux lignes observées sur une vitre standard, on constate toutefois qu'elles sont moins visibles, principalement sur les fractures concentriques³.

De plus, lorsque la pression est suffisante⁴, les deux couches de verre composant le pare-brise ne subissent pas les mêmes pressions. En effet, pour les 7 tests effectués, la face opposée au choc

¹ Sept impacts ont été effectués lors de ces tests indicatifs.

² Afin d'observer les lignes conchoïdales sur un pare-brise cassé, il convient d'utiliser un outil adéquat pour découper la zone afin de l'emmener en laboratoire. Lors de cette manœuvre, il est nécessaire de découper le verre assez loin de l'impact pour ne pas modifier la cassure en créant de nouveaux dommages. En laboratoire, la séparation des fragments de verre de leur support plastique peut, quant à elle, être facilitée en chauffant le plastique à l'aide d'un bec bunsen par exemple.

³ Les fractures concentriques ou secondaires sont les fractures qui forment des cercles autour du point d'impact. Ces dernières ne doivent pas être confondues avec les fractures radiales, appelées également primaires.

⁴ Choc avec un corps ou une partie d'un corps par exemple. Si un petit gravier heurte un pare-brise, il va de soi que cette remarque n'est pas valable puisque seule la couche externe du verre est atteinte.

fait état de lignes conchoïdales plus longues (cassure plus importante) que la face sur laquelle la pression est directement appliquée. Cette observation est la conséquence directe de l'aspect multicouche d'un pare-brise.

6.6. Liquides

Plusieurs liquides différents sont contenus dans divers réservoirs à l'intérieur d'un véhicule et sont différenciables chimiquement [ZIEBA-PALUS, 1998]. On peut citer l'huile de moteur, l'antigel, le liquide de frein, de batterie, le fluide de refroidissement et bien sûr le carburant. Lors d'un accident de la circulation, il arrive fréquemment que les réservoirs ou les tuyaux contenant ces liquides soient percés ou éventrés. La localisation des traces laissées sur le sol donne en général une bonne indication spatiale de la zone d'impact. L'investigateur doit néanmoins se garder de tirer des conclusions trop hâtives à ce sujet : un effort d'interprétation est de rigueur afin de ne pas commettre d'erreur de jugement. Les traces de liquides sont en effet observées scrupuleusement afin de différencier les traces de giclures de celles d'écoulement. En règle générale, une trace de giclures est retrouvée aux alentours d'une zone d'impact. Une trace d'écoulement par contre donne uniquement une indication quant au trajet parcouru par le véhicule ou la pièce endommagée après l'impact (en général depuis le point d'impact jusqu'au point d'immobilisation) [BRUCE, 1960 ; PETER, 2001]. Il va de soi que lorsque la pente et/ou le dévers ne sont pas négligeables, certaines traces d'écoulement peuvent alors être secondaires et résulter uniquement de l'inclinaison de la route.



Figure 160 : Traces d'écoulement laissées par l'avant du tracteur, arraché (flèche rouge). Le cadre rouge montre la zone d'impact (giclures recouvertes de sable par les premiers intervenants).

6.7. Fibres

Sur la carrosserie d'un véhicule, sur l'environnement d'un accident (obstacles heurtés ou sol) et à l'intérieur d'un véhicule, il est fréquent que des fibres soient mises en évidence car ces dernières sont relativement facile à détecter à l'œil nu.

La mise en évidence d'une trace d'origine fibreuse permet avant tout d'obtenir une information au niveau de la source. Toutefois, une matière textile peut être déposée de différentes manières en fonction du type de contraintes qu'elle a eu à subir. Dès lors, les fibres textiles peuvent être utilisées pour répondre à certaines questions telles que la position d'un occupant dans un véhicule ou le port de la ceinture de sécurité par exemple (activité). Les trois exemples exposés ci-dessous montrent que la trace "fibre" donne des informations très importantes sur la violence d'un contact :

- Si les fibres n'ont subi que très peu de frictions, elles sont généralement intactes. Il est alors plus difficile de déterminer si leur présence est antérieure à l'accident ou non puisque leur pertinence est faible (bruit de fond important). En guise d'exemple, les fibres transférées sur les sièges de véhicules offrent un lien indirect¹ entre le siège et la personne qui s'y est assise. Dans ce cas, les conclusions des comparaisons effectuées entre un vêtement et les fibres indicielles restent au niveau de la source, sauf si les paramètres sur le transfert et la persistance des fibres sur les sièges de voitures sont connus. Le travail de thèse de C. Roux fait partie des ouvrages de référence dans le domaine [ROUX, 1997]. ;
- Si la force appliquée lors de la friction est grande et que le textile est entré en contact avec des parties saillantes d'une carrosserie ou d'un obstacle, les fibres sont alors majoritairement arrachées du textile. Dans ce cas, il ne fait aucun doute qu'elles ont été déposées consécutivement à un contact dont l'intensité est élevée (Figure 163) ;
- Si la friction est maximale et que la surface est relativement plate, les fibres sont parfois fondues et la morphologie de la trace laissée est similaire à une trace glissée de plastique ou de peinture. La relation de causalité « accident - trace » ne fait alors aucun doute et les conclusions sont orientées au niveau de l'activité (Figure 162).

Les cas pratiques du chapitre précédent montrent des fibres arrachées et fondues à l'extérieur d'un véhicule (sur le bitume et sur un poteau métallique), mais également à l'intérieur de ce dernier dans des cas d'éjection [JOCHM, 2001]. Dans tous les cas, les fibres des habits d'une personne ont un potentiel de transfert important partout où des points de contacts sont supposés, y compris sur les dispositifs de retenue (ceintures de sécurité, airbags) ou sur des parties plastiques qui composent l'habitacle par exemple.

¹ Automobiliste – vêtement, puis vêtement – siège.

Pour reprendre la théorie exposée au sous-chapitre 2.10 , lorsqu'un transfert intense de fibres est observé, il convient de toujours garder à l'esprit l'éventualité d'un transfert croisé. Dès lors, les habits des personnes impliquées doivent être observés afin de mettre en évidence un éventuel échange de matière dans le sens inverse. Ainsi, des traces de plastique fondu peuvent également être retrouvées sur les habits d'une victime éjectée d'un véhicule par exemple [MASAKOWSKI et al, 1986 ; KRAUSS & STRITESKY, 1993 ; PALMER, 2004].

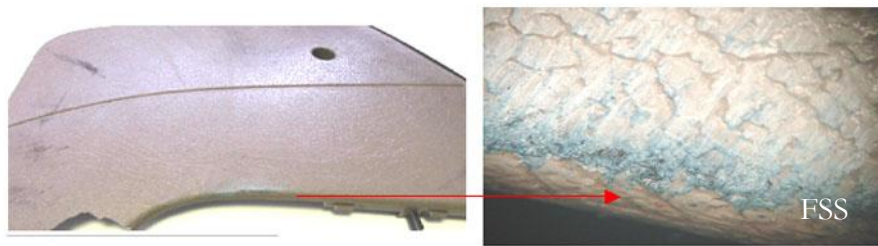


Figure 161 : Fibres fondues sur une pièce plastique de l'habitacle d'un véhicule [PALMER, 2004].



Figure 162 : Fibres fondues sur un revêtement plastique de l'habitacle (sous le volant).

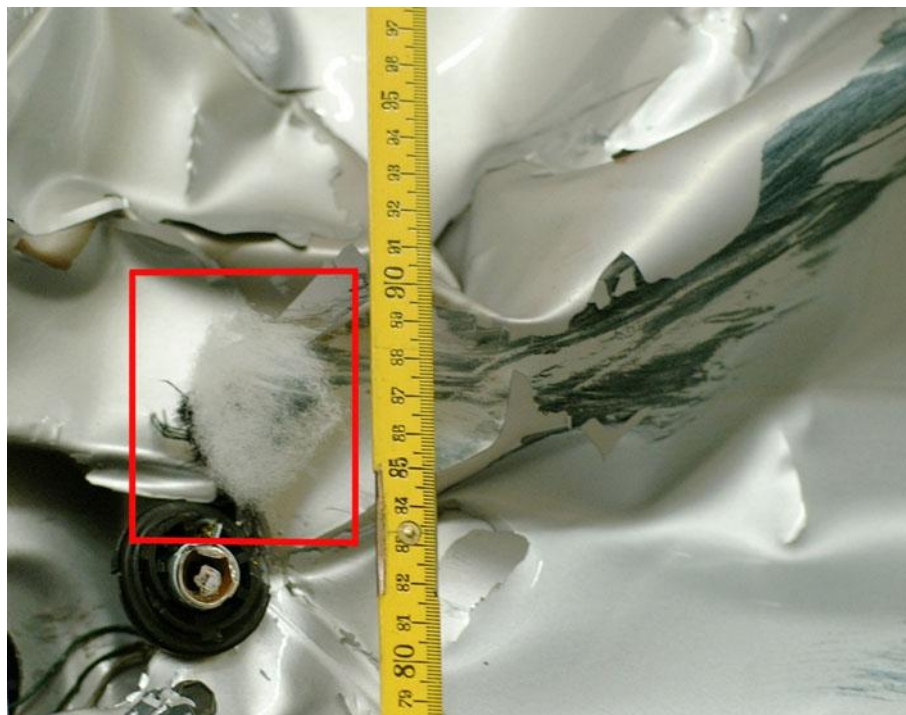


Figure 163 : Fibres arrachées d'un vêtement et retrouvées sur la tôle froissée d'un véhicule.

Les deux figures ci-dessus illustrent un dépôt de fibres suite à un contact violent. A noter que la photographie exposée à la Figure 162 a été prise sous le volant d'un véhicule, suite à l'éjection du conducteur. Ce type de traces doit donc être recherché à des endroits qui ne sont pas toujours aisément accessibles.

Finalement et même lorsqu'aucun transfert de fibres n'est réalisé, la trame des habits d'une personne en contact avec une surface peut avoir déposé une trace sur celle-ci suite à un enlèvement de poussière. Cet élément permet la mise en évidence d'une zone de contact entre un piéton et une carrosserie par exemple [DRUMMOND & PIZZOLA, 1990].

6.8. Traces creuses

La trace creuse constitue un élément primordial dans le cadre des reconstructions d'accidents. En effet, elle met en évidence des zones de contacts violents entre un objet extrêmement dur et le sol. Ce type de contacts peut impliquer une carcasse de véhicule, un pédalier de vélo ou une jante de voiture par exemple¹. En général, la trace creuse n'est pas utilisée dans un but de comparaison, mais permet d'obtenir des informations propre au déroulement de l'accident. En guise d'exemple, les impacts véhicule-bitume donnent très souvent une indication essentielle sur la position des zones de chocs. En effet, lorsque deux véhicules entrent en collision frontale, leur pare-chocs

¹ Lorsqu'un pneumatique est crevé ou qu'un véhicule effectue un mouvement latéral très violent.

avant et leur châssis sont fortement projetés contre le sol et forment des traces creuses sur le bitume.

La Figure 134 montre une trace creuse laissée par le pédalier d'un vélo heurté par l'arrière. Dans le cadre du cas numéro 16, cette trace a permis de déterminer le point de choc entre un vélo et une voiture de tourisme qui venait par l'arrière. A noter que la distance entre le pédalier et l'arrière du vélo doit être prise en compte pour la détermination de la position exacte du point d'impact.

Les traces creuses permettent également de déterminer le trajet d'un véhicule après qu'un événement particulier soit arrivé. Tel est le cas lorsqu'une roue éclate alors qu'un véhicule est en mouvement ou lorsqu'une moto ou un scooter se renverse et glisse sur le sol.

Tout comme les traces de pneumatique sur le sol, les traces creuses sont plus difficiles à mettre en évidence sur un sol très mouillé. Il est dès lors conseillé de revenir sur place lorsque la route est plus sèche pour tenter d'apercevoir d'autres éléments indiciaries, importants pour les investigations.

Finalement, il peut arriver que plusieurs véhicules différents aient provoqué des traces creuses sur les lieux d'un accident. A l'intérieur de ces traces, des particules de plastique, de peinture ou encore de métal sont généralement présentes. L'analyse de ces particules est alors utile pour attribuer une trace creuse à l'un ou à l'autre des véhicules impliqués.

6.9. Traces biologiques

Sang, salive, cellules de la peau, cheveux et poils sont en général transférés sur différents supports, à l'intérieur de l'habitacle d'un véhicule accidenté. Le prélèvement de ces traces et leur exploitation permet dans la plupart de fournir des indications se situant au niveau de la source sur l'échelle des propositions. Le défi principal est en effet souvent de déterminer l'identité du conducteur en cas de litige [METTER, 1978 ; KRAUSS & STRITESKY, 1993].

Lors d'un accident de la circulation, il se produit cependant un mélange important et non contrôlable de cellules à l'intérieur du véhicule. Il est donc nécessaire d'interpréter au préalable la pertinence et la valeur indiciarie des prélèvements biologiques acquis. Il est clair que les poils arrachés n'ont pas la même valeur probante que ceux dont la racine est dégénérée. Dans le même ordre d'idée, un profil ADN établi sur la base d'une tache de sang est lié de manière plus forte à l'accident que s'il avait été établi à partir d'une trace de contact sur un levier de vitesse (conduite antérieure à l'accident). Dès lors et en fonction de l'état de la trace, des informations se situant au niveau de l'activité peuvent également être acquises. A noter que si le conducteur est le propriétaire du véhicule, la pertinence des analyses ADN est fortement diminuées.

Type de traces biologiques	Zones principales de prélèvements
Sang	Dépend du type de choc : en général peut se trouver partout dans l'habitacle
Cheveux et poils	Dossier du siège, airbag, volant, tableau de bord, vitres brisées/parties saillantes
Salive	Airbag, volant
Cellules de la peau, traces de contact	Pommeau de vitesse, volant, airbag, frein à main, commandes, pare-brise.

Tableau 14 : Zones principales de prélèvements des traces biologiques à l'intérieur de l'habitacle.



Figure 164 : Sang séché sur un volant.

Mises à part les traces biologiques retrouvées à l'intérieur de l'habitacle, il va de soi que ce type de traces est également présent à l'extérieur de l'habitacle : sur la carrosserie d'un véhicule lorsque ce dernier a heurté un corps (Figure 165) ou sur d'éventuels objets heurtés (Figure 113).



Figure 165 : Cheveux arrachés à un piéton heurté par une voiture.

La recherche et l'analyse de traces biologiques sur certains obstacles permet de dévoiler l'identité de la personne à l'origine de la trace (source), mais également d'autres informations comme une zone d'impact avec une victime¹. La mise en évidence de ce type d'éléments lors de l'état des lieux permet par la suite d'expliquer la gravité de certaines blessures découvertes lors de l'examen du corps et dont la cause était inconnue jusqu'alors. Par ailleurs, ce type de contact est très instructif car il permet de déterminer avec précision la trajectoire de la personne heurtée ou éjectée et s'avère donc très important pour interpréter la distance de projection d'un corps par exemple.

6.10. Empreintes digitales

La recherche d'empreintes digitales porte principalement ses fruits sur les parties vitrées ou peintes d'un véhicule. C'est du moins sur ces zones que leur détection est le plus aisé. Lorsqu'une voiture accidentée a été volée, qu'elle a été conduite par une personne illégitime en fuite ou que les occupants ont été éjectés², il devient intéressant de rechercher ce type de traces à l'intérieur de l'habitacle en vue d'identifier les personnes qui y étaient assises.

Les meilleurs résultats sont généralement obtenus sur le rétroviseur central puisque les rétroviseurs latéraux sont de plus en plus réglables de l'intérieur. Ce type de recherche est

¹ Présence de sang, de cheveux, de poils, de débris d'os, de lambeaux de peaux, ...

² Problèmes quant à la détermination de la personne qui conduisait.

susceptible de porter ses fruits lorsqu'un conducteur optimise sa visibilité avant de prendre la route à bord d'un véhicule volé. Dans la mesure où une trace digitale peut avoir été posée légitimement avant l'accident, un effort supplémentaire d'interprétation est de rigueur pour ce type d'indice.

6.11. Blessures

Certaines lésions sont très utiles pour reconstruire l'historique d'un accident de la circulation. En guise d'exemple, une fracture détectée sur la clavicule gauche d'un conducteur soutient l'hypothèse selon laquelle il portait sa ceinture de sécurité lors de l'accident. De même, certaines lésions aident pour la détermination de la position d'un automobiliste éjecté hors de l'habitacle [ROPOHL & POHL, 1980].

Par ailleurs, si les blessures observées sur un motard éjecté sont trop importantes et ne sont pas explicables par une simple glissade, la probabilité que la victime ait eut une collision avec un obstacle fixe (arbre, poteau, ...) ou un véhicule (en fuite ?) lors de son expulsion est fortement majorée. A noter que certaines règles ont été définies en médecine pour la description des blessures et peuvent être utilisées dans le domaine de l'accidentologie [STÜRTZ et al, 1975 ; AAAM, 1990 ; AAAM, 1994]. De plus, il est possible de pratiquer des autopsies virtuelles et donc de ne pas ouvrir les corps pour obtenir des images très précises des lésions (hématomes et fractures). Cette technique est de plus en plus utilisée dans le domaine des accidents en médecine légale [BUCK, 2009].



Figure 166 : Traces laissées par une ceinture de sécurité sur le corps d'un automobiliste.

Toujours dans le domaine de l'interprétation des blessures, certaines fractures permettent de définir un sens d'impact sur un piéton heurté. En effet, la forme du bris de l'os peut être extrêmement caractéristique, notamment sur les tibias par exemple. Dès lors, il est possible de déterminer si un piéton venait depuis la droite ou la gauche de la route au moment où il a été heurté [SCHRAG & BOLLMANN, 2009].

Dans un deuxième temps, l'observation des cheveux/poils ou des blessures d'une victime, permet dans certains cas de retrouver des traces incrustées très intéressantes¹. Si la victime décède immédiatement après le choc (pas d'action médicale sur les blessures), le prélèvement de ces traces peut être envisagé sans difficulté. Dans le cas contraire, seule une action policière en milieu hospitalier serait à même de permettre un tel prélèvement.

Finalement, la peau d'une personne écrasée par un véhicule constitue également un bon support à des traces de pneumatiques. Si ces dernières sont collectées puis exploitées, elles peuvent s'avérer très utiles par la suite en vue d'une identification groupale. Ces traces possèdent en général un contraste maximal un à trois jours après l'accident et leur prélèvement doit toujours s'effectuer en présence d'un médecin légiste.

6.12. Traces de semelles

Il arrive que des traces de semelles puissent être retrouvées à l'intérieur d'un véhicule, principalement si des objets lisses sont présents par terre lorsque l'automobiliste se trouve dans l'habitacle². Si leur qualité est suffisante, ces traces peuvent être utilisées pour identifier un conducteur en fuite.

Dans les cas où le choc est très violent, il arrive quelques fois que le motif des semelles du conducteur s'imprime sur les pédales de freins, d'accélérateur et d'embrayage du véhicule. Dans un processus inverse et suivant la dureté des matériaux qui entrent en ligne de compte, c'est certaines fois le motif des pédales qui s'imprime sous les chaussures de l'automobiliste (Figure 167) [METTER, 1978 ; BAKER, 1985 ; KRAUSS & STRITESKY, 1993].

¹ Peintures, verres, plastiques, débris végétaux, ...

² Feuilles de papier, cd-rom, ...

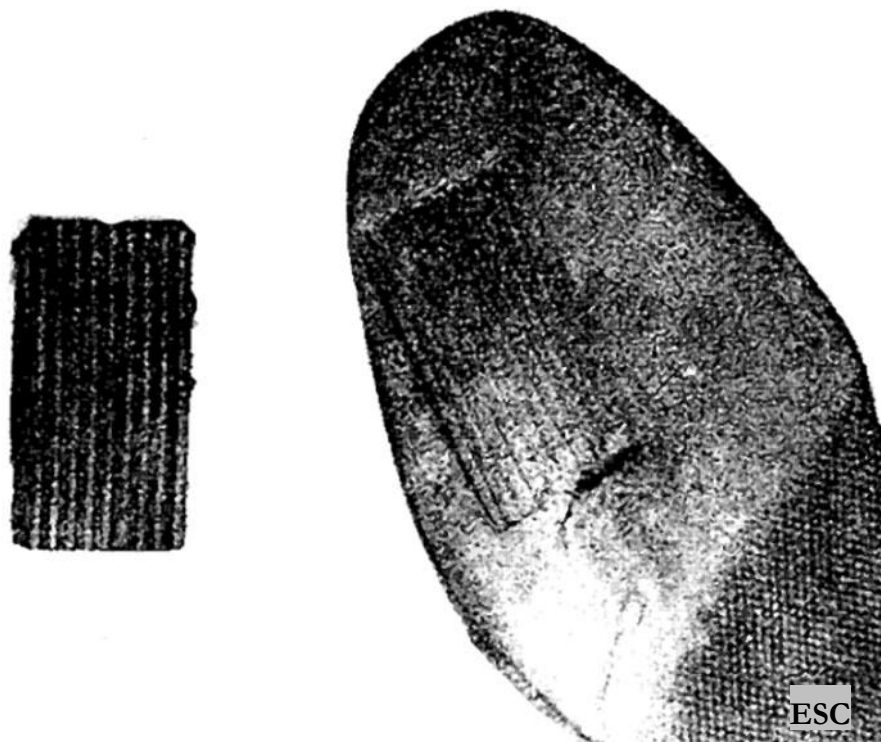


Figure 167 : Trace laissée par une pédale de frein sur une semelle.

Au niveau de la scène de l'accident, il arrive que des traces de semelles soient retrouvées sur le sol. Ces dernières, étant composées de gomme, réagissent approximativement de la même manière qu'un pneumatique (en particulier comme une roue de cycle). Une personne heurtée dépose donc également des traces de matériaux plastiques sur le sol au moment de l'impact s'il y a du poids sur ses semelles. La localisation de ce dépôt permet de situer plus précisément la zone de choc entre le véhicule et le piéton. Il arrive que l'observation des semelles de la victime amène également à découvrir le sens de marche du piéton. L'ensemble de ces éléments apporte des informations très intéressantes et fournit une aide essentielle à la reconstruction de l'accident. Ce type de traces de semelles étant peu visible, il est souvent nécessaire de cibler fortement la zone de recherche comme le montre l'exemple présenté ci-dessous (Figure 168 et Figure 169).

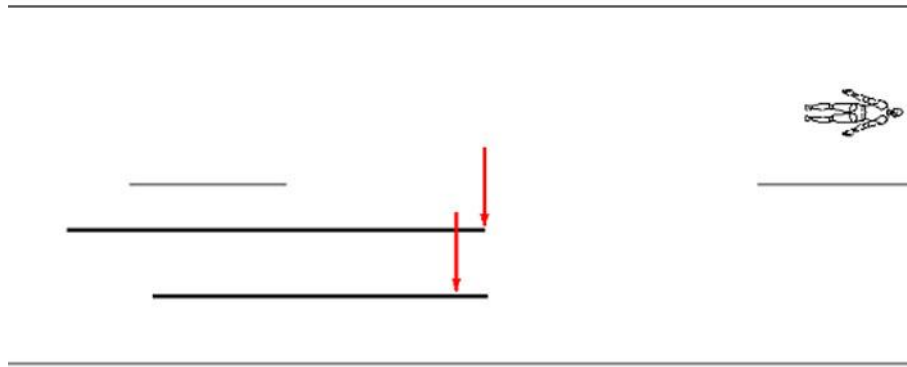


Figure 168 : Mise en évidence des traces de freinage.

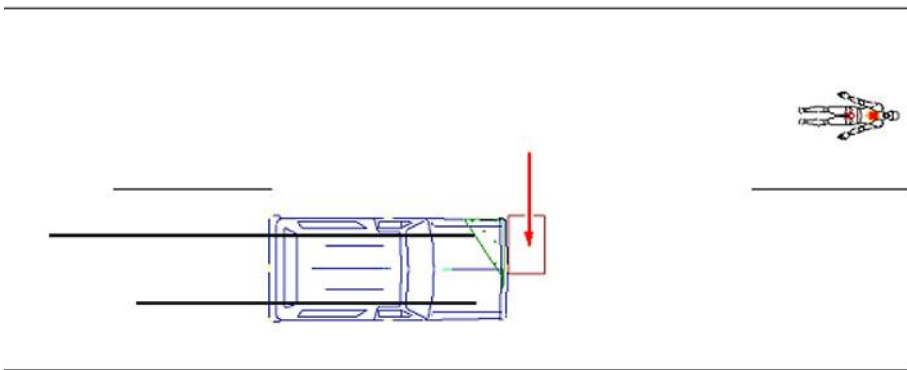


Figure 169 : Reconstruction de la position du véhicule au moment de l'impact et détermination de la zone de recherche des traces de semelles au sol en fonction des déformations sur le capot.

Finalement, la Figure 170 est tirée d'un cas d'accident mortel de la circulation, traité par la police cantonale du Tessin. Dans cette affaire, des traces déposées probablement par les semelles d'une victime ont été retrouvées sur le sol suite à un impact avec un véhicule. L'encadré rouge montre les traces visibles sur une des semelles de la victime.

Il convient toutefois de préciser que l'approche réalisée dans cette affaire est purement morphologique. En cas d'incertitude, une approche "matière" par le biais d'une analyse chimique ou physico-chimique est vivement recommandée.



Figure 170 : Traces de gomme laissées sur le sol par les chaussures d'une victime heurtée et observation des éraflures causées par l'impact sous une des semelles (source : police cantonale du Tessin).

6.13. Ampoules

La question de l'exploitation analytique des ampoules n'est pas traitée dans ce mémoire car elle ne rentre pas dans le cadre du sujet de cette recherche. La problématique du prélèvement des optiques, quant à elle, se doit d'être rappelée car elle a trait directement au relevé des traces dans les accidents de la circulation. Lors du processus de prélèvement des ampoules sur un véhicule, il existe certaines règles à respecter [PETER, 2001]. Les plus importantes sont rappelées ci-dessous :

- **Avant toute chose**, décrire et/ou photographier la position des commandes¹. Cette action est importante dans la mesure où les commandes peuvent être modifiées involontairement lors de manipulations ultérieures.
- Prélever l'ensemble des composantes d'un système optique. Si les clignoteurs droits sont mis en cause, il convient de prélever les clignoteurs gauches également. Cette exigence est posée pour des raisons de contrôle de l'usure lors des examens de comparaison.
- Ne jamais tester le fonctionnement d'une ampoule sur les lieux en actionnant les commandes du véhicule. La mise sous tension d'une ampoule dont le verre est brisé

¹ Avant même de relever un véhicule deux roues s'il est couché sur le sol.

provoque la pulvérisation de son filament (ce phénomène est dû à la présence d'oxygène en contact avec un filament incandescent).

- Ne jamais faire entrer en contact un filament avec son emballage lors du prélèvement, pour des raisons de fragilité. Ceci pourrait créer des ruptures à froid d'un filament, postérieures à l'accident.

6.14. Contrôle des ceintures de sécurité

A partir du moment où le port des ceintures de sécurité est un fait discutable dans un accident de la circulation avec blessé(s) ou tué(s), ces dernières doivent toujours faire l'objet d'un prélèvement. Il en est de même si la position des occupants à l'intérieur du véhicule n'est pas certaine¹ (déclarations douteuses / éjection) ou lorsqu'il y a suspicion de suicide.

Le fait de procéder à un examen des ceintures de sécurité amène bien souvent un renseignement double. Premièrement, l'information la plus courante est la détermination du port ou non de la ceinture au moment de l'accident. Deuxièmement, il arrive que le but des investigations soit différent. En effet, des traces de fibres fondues sur une sangle, par exemple, peuvent être analysées et comparées avec les vêtements des différentes personnes potentiellement présentes dans un habitacle. Dès lors, la position de ces personnes au moment de l'impact peut être déterminée.

Lors du prélèvement, les ceintures des côtés conducteur et passager sont systématiquement séquestrées, même si une seule personne était à bord lors du choc. Cette exigence est principalement posée pour des raisons de contrôle du degré d'usure général du système [DEKRA, 1984 ; MASAKOWSKI et al, 1986 ; GORSKI et al, 1990 ; BREADY et al, 1999 ; BREADY et al, 2000 ; Sites WEB 5 & 6].

Une ceinture de sécurité est composée de plusieurs éléments solidaires les uns des autres [RIVERS, 1988 ; SIEGFRIED, 2004 ; JOLIDON, 2004]. En voici une liste qui peut légèrement changer en fonction des caractéristiques du véhicule, soit la marque, le modèle, l'année et les éventuelles modifications personnelles² :

- La sangle ;
- Les boucles à l'intérieur desquelles passe cette dernière. Ces boucles sont soit solidaires de la carrosserie (bague de guidage), soit libres (languette permettant le verrouillage manuel du dispositif). Leur composition varie entre le métal nu et le métal recouvert de plastique ;

¹ Recherche de fibres textiles ou d'ADN.

² Mise en place de sièges baquets par exemple.

- L'éventuel prétensionneur¹ ;
- Le rétracteur.

Les sous-chapitres suivants décrivent les différents composants des ceintures et les traces qu'il est possible d'y retrouver. A noter que seuls des chocs frontaux (ou avec un faible angle) et de relativement haute vitesse sont susceptibles de marquer les ceintures.

6.14.1. La sangle

Les traces présentes sur la sangle doivent être observées en fristance de préférence car cette technique d'observation offre les meilleurs résultats. En général, une sangle usagée présente un certain nombre de traces d'usure qu'il convient de ne pas confondre avec des traces laissées suite à un choc violent. Lors du contrôle de la sangle suite à un accident, deux traces sont principalement recherchées sur la sangle (Figure 171).



Figure 171 : Schéma des traces laissées par les boucles (rouge) sur une sangle (gris).

Il convient de préciser que lorsqu'une sangle est enroulée, il est important de ne pas la dérouler sans prendre un certain nombre de précautions afin de préserver les éventuels indices présents à l'intérieur. Lorsque des particules de verre sont retrouvés lors du déploiement de la sangle, cela montre que la sangle était déroulée alors qu'une vitre s'est brisée à proximité (Figure 172).

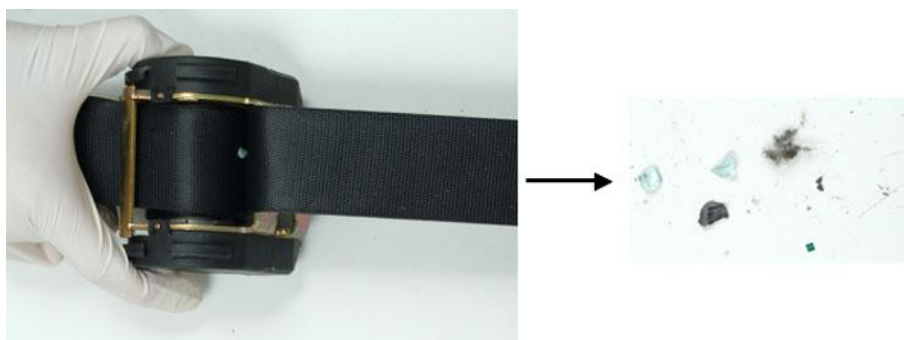


Figure 172 : Particules de verre coincées dans une sangle enroulée.

¹ Système mécanique ou pyrotechnique.

Finalement, certaines déchirures d'une sangle indiquent que la ceinture était portée au moment d'un choc extrêmement violent. Toutefois, l'action des premiers intervenants doit toujours être connue dans ce cas de figure. En effet, il est possible que les pompiers ou le personnel médical aient découpé et/ou déchiré la sangle pour faciliter l'extraction d'un occupant par exemple (Figure 173).

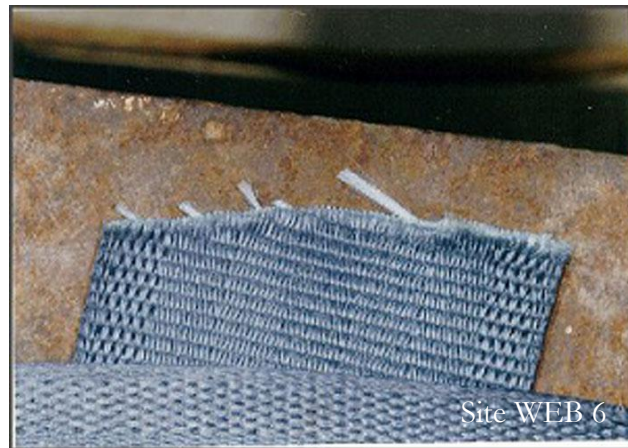


Figure 173 : Sangle découpée par les premiers intervenants.

6.14.2. Les boucles

Sans nul doute, les boucles constituent les supports de traces par excellence pour déterminer le port d'une ceinture de sécurité. Les traces d'usure doivent cependant être différenciées des traces consécutives à un choc. Les craquelures du plastique, la décoloration de ce dernier et l'abrasion font parties des traces d'usure normales. A l'inverse, les traces de fusion (Figure 174) et d'impression du motif de la sangle sur le plastique (Figure 175) constituent les éléments très probants, démontrant le port de la ceinture lors d'un choc violent.

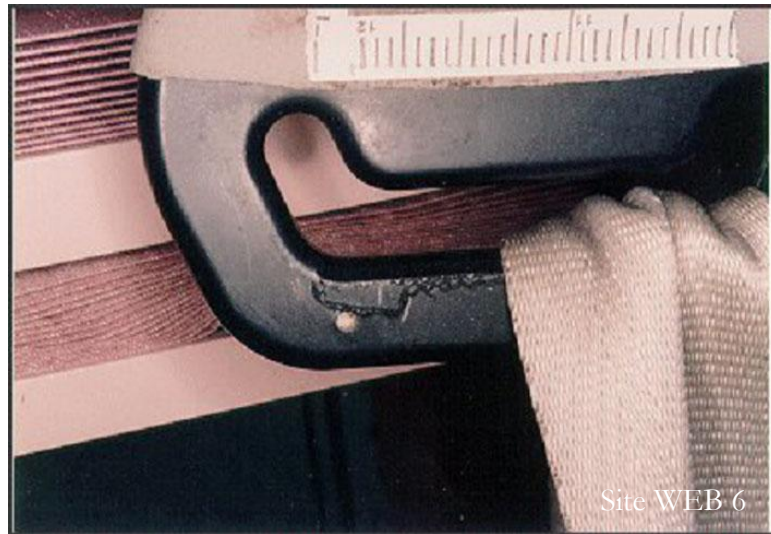


Figure 174 : Traces de fusion à l'intérieur d'une boucle.

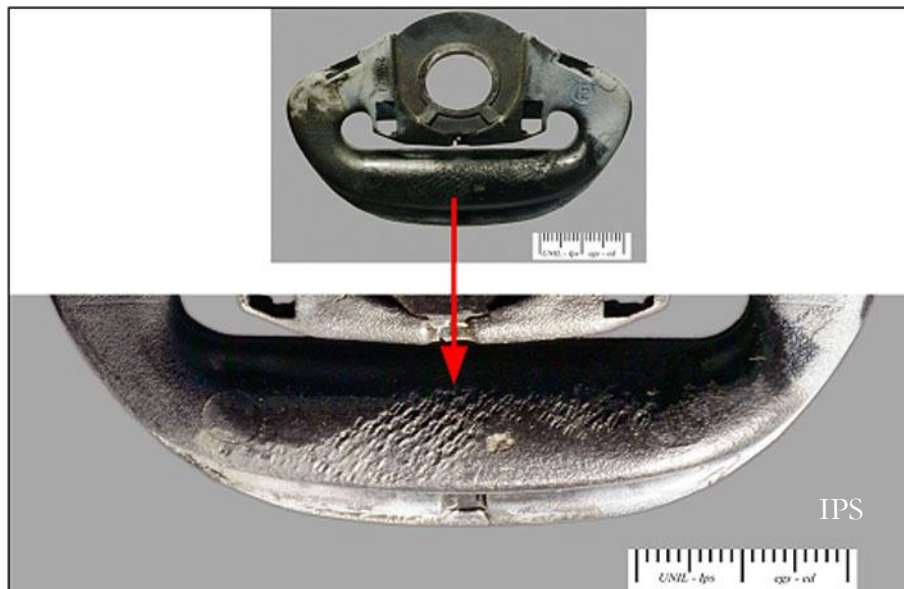


Figure 175 : Impression du motif de la sangle sur la face interne d'une boucle.

6.14.3. Le prétensionneur

Certains véhicules sont équipés de prétensionneurs. Le but d'un tel système est de compenser l'élongation de la sangle quand la ceinture est sollicitée lors d'un impact suffisamment violent. Les prétensionneurs peuvent être de types mécanique ou pyrotechnique. En substance, l'action du prétensionneur est la même pour ces deux systèmes et consiste à resserrer la sangle en la tirant en arrière au moment où le corps de l'automobiliste est propulsé vers l'avant.



Figure 176 : Prétensionneur mécanique (à gauche) et pyrotechnique¹ (à droite).

L'activation d'un prétensionneur lors d'un accident de la circulation indique en général que la ceinture était portée. Toutefois, il convient de prendre contact avec le constructeur pour comprendre les modalités d'activation du prétensionneur. En effet, ces dernières changent en fonction des marques et modèles des véhicules concernés.

6.14.4. Le rétracteur

Le rétracteur est le dernier élément d'une ceinture. Ce dernier est composé d'un système de ressorts qui permet à la sangle de se rembobiner en cas de besoin. De plus, il contient un mécanisme de blocage qui permet à la sangle de se bloquer lorsque la ceinture est sollicitée de manière violente (Figure 177).



Figure 177 : Exemple d'un système de blocage de la sangle.

¹ En présence d'un tel système, le prélèvement ne peut se faire qu'à l'aide d'un spécialiste de la marque du véhicule concerné. Les dangers d'explosion d'un prétensionneur pyrotechnique défaillant ne sont pas à prendre à la légère.

Lorsque la force d'un impact est très importante, il est possible que le mécanisme de blocage de la sangle subisse certaines contraintes pouvant conduire à une déformation visible du mécanisme. Dès lors, le système de rétraction doit être ouvert et contrôlé lors des investigations.

6.15. Vêtements des personnes

Les habits d'une victime sont généralement des supports possédant un pouvoir de rétention élevé. Ils sont par conséquent susceptibles de contenir un bruit de fond important, mais également un grand nombre de traces exploitables. Leur exploitation amène une information de source et ces traces se présentent sous différents aspects : particules fusionnées aux vêtements ou accrochées sous forme d'éclats et de fragments. Les matériaux retrouvés quant à eux, sont de compositions multiples : verres, peintures, polymères plastiques, traces biologiques, fibres, etc. Il va de soi que chaque trace possède sa propre persistance.

Il arrive également que des traces de pneumatiques soient retrouvées sur les habits d'une victime. Bien qu'elles puissent être de meilleure qualité sur ce type de support que sur la peau d'une personne heurtée, leur exploitation demeure limitée à une identification groupale dans la plupart des cas.

Les vêtements d'une personne heurtée ou éjectée apportent également certaines informations essentielles lorsque le textile lui-même est abîmé. En effet, l'usure de certaines zones d'un vêtement (épaules en particulier), indiquent le port d'une ceinture de sécurité par exemple. En ce qui concerne les vêtements de protection, les constatations sont similaires. Les dégâts constatés sur leur surface permettent souvent de préciser la nature des impacts subis. De plus, en cas de séparation entre le casque d'un motard et le motard lui-même, l'observation de la lanière permet de déterminer si le casque était porté de manière correcte ou non.

6.16. Airbags

De nos jours, cet équipement est fourni en série par la majeure partie des concessionnaires. Les bienfaits de cette option sur la santé publique ne sont plus à prouver et il va de soi que le nombre d'airbags sur le marché de l'automobile ne cesse d'augmenter. L'observation sur les lieux ou en laboratoire de ces derniers apporte des informations très utiles à l'enquête. L'analyse en laboratoire est cependant privilégiée car la mise en évidence d'éléments matériels sur ce type de support nécessite un éclairage adéquat qui n'est souvent pas disponible sur les lieux. Pour prélever un airbag, la procédure est relativement simple. Il suffit en effet de découper ce dernier à la base et de l'emballer dans un contenant adéquat en papier par exemple, en prenant soin de ne pas contaminer le tout.

Dans certains cas, les traces du visage d'une personne sont transférées sur l'airbag et servent pour des examens biométriques [HERRMANN & GONTER, 2004]. Cette exploitation est néanmoins

anecdotique en Suisse. La présence de cellules de peau de l'occupant donne toutefois la possibilité d'effectuer des prélèvements biologiques en vue d'une analyse ADN. Une telle analyse donne une information au niveau de la source quant à la personne qui était assise à l'endroit où l'airbag a été prélevé. Étant donné qu'un airbag doit être changé une fois qu'il a éclaté, la présence de l'ADN d'une personne sur cet airbag indique avec une bonne probabilité la position de cette personne dans l'habitacle. Bien entendu, les possibilités de contamination doivent être évaluées au cas par cas et dans tous les cas, elles ne peuvent être totalement exclues.

Finalement, il est aussi envisageable d'exploiter d'éventuelles traces de cosmétiques à des fins comparatives [KELDER & BURTON, 2002 ; BERGER, 2004]. Comme pour les prétensionneurs des ceintures de sécurité, les airbags n'ayant pas éclaté doivent être manipulés avec une extrême précaution (déconnexion de la batterie). Ils peuvent en effet causer de graves blessures aux investigateurs.



Figure 178 : Illustration d'un airbag ayant explosé.

Lorsqu'un airbag éclate, plusieurs événements se produisent dans l'habitacle et permettent d'aider à déterminer la position des occupants au moment du choc. Premièrement, un nuage de particules, constitué de différentes substances, est propulsé dans l'ensemble du véhicule et sur les occupants. Actuellement, de nombreux airbags contiennent encore de l'amidon et ce dernier se dépose sur les cheveux et les habits des automobilistes. Ces particules permettent de vérifier si des personnes étaient présentes dans un véhicule au moment où un airbag a explosé [GIROD, 2007].

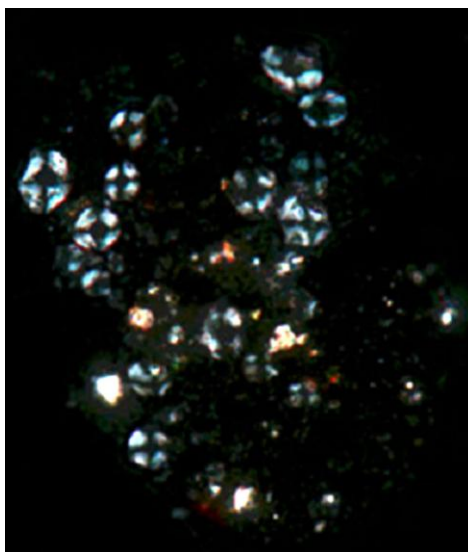


Figure 179 : Particules d'amidon en double polarisation.

L'étude réalisée par Aline Girod à l'Institut de Police Scientifique de Lausanne démontre que la répartition de particules d'amidon n'est pas homogène au sein de l'habitacle et sur les habits d'un passager. Les deux figures suivantes illustrent ce phénomène.



Figure 180 : Matériel utilisé par GIROD, dans le cadre de son étude [GIROD, 2007].

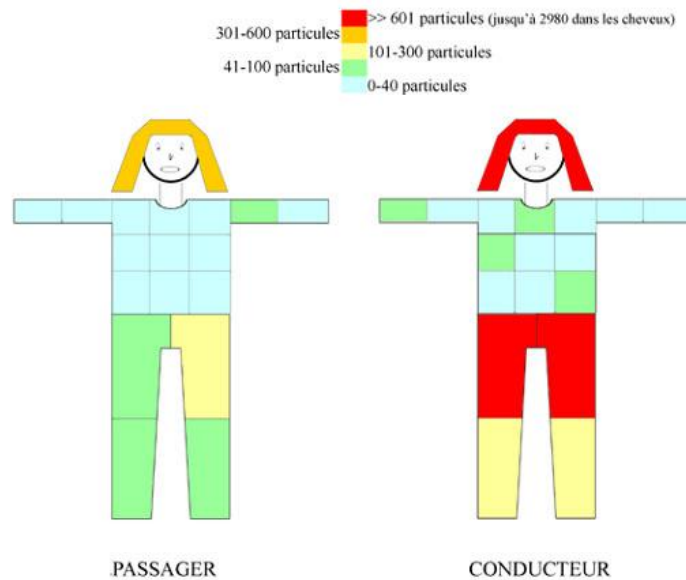


Figure 181 : Répartition des particules d'amidon sur les occupants à l'avant d'un véhicule, suite à l'explosion de l'airbag conducteur [GIROD, 2007].

Relevons que le prélèvement d'amidon se pratique au moyen d'un adhésif de type « police ». Néanmoins, il est conseillé de coller cet adhésif sur du verre car l'acétate perturbe les examens en double polarisation, ce qui rend l'observation des particules d'amidon très difficile.

Hormis les traces d'amidon et de lubrifiants en tout genre, les airbags causent certaines fois des traces de brûlures très intéressantes sur les occupants d'un véhicule accidenté (corps et vêtements). Ces brûlures sont très utiles pour déterminer la position des occupants dans la mesure où la forme et la position des événements sont différentes entre un airbag passager et un airbag conducteur. Ceci implique des formes et des motifs différents au niveau des brûlures également.

Bien que des efforts soient faits par les constructeurs pour limiter ces brûlures, notamment en plaçant les événements sur l'arrière des airbags, elles n'en demeurent pas moins existantes puisque l'air extrêmement chaud (environ 600° au début de l'activation de l'airbag) s'échappe par les coutures ou les zones fragilisées du tissu, telles que les zones de pliage par exemple [SCHUBERT, 2005].

6.17. Enregistreurs de fin de parcours et disques tachygraphes

Ces instruments sont très utiles car ils fournissent des données précises sur les circonstances d'un accident de la circulation [MICHEL, 2003]. En règle générale, la présence de tachygraphes ou d'enregistreurs de fin de parcours¹ simplifie de manière considérable l'affaire car les investigateurs

¹ RAG, UDS, boîtes noires.

jouissent d'une source d'informations très précieuse. Le recours à cette technologie est cependant limité car ces appareils ne sont pas installés sur tous les véhicules. En règle générale, les tachygraphes sont uniquement présents sur les véhicules faisant des trajets réguliers tels que les taxis, les camions, les bus, les trams et les véhicules de transports commerciaux. Les enregistreurs de fin de parcours quant à eux, sont plutôt disposés sur les véhicules d'intervention tels que les ambulances ou les voitures de police (Art. 100-102a OETV).

Les tachygraphes enregistrent en permanence, sur un cycle de 24h, la vitesse du véhicule en fonction du temps. Leur relative imprécision rend l'emploi d'un microscope indispensable lors de l'exploitation de leurs données¹. En ce qui concerne les enregistreurs de fin de parcours, appelés également enregistreurs de données d'accidents, ils ont la capacité d'enregistrer beaucoup plus d'informations², mais ont pour l'instant une capacité de mémorisation plus limitée.

Lorsqu'un tel appareil est présent sur un véhicule impliqué dans un accident, son prélèvement est effectué de manière systématique par l'investigateur [PETER, 2001]. Hormis une meilleure compréhension du sinistre, ce type d'appareil permet également de vérifier la crédibilité de certains témoignages.

6.18. Autres traces

6.18.1. Les cosmétiques

Ces produits varient considérablement dans leurs couleurs et compositions et ont l'avantage d'être répandus de manière importante dans la population féminine [BERGER, 2004]. Une recherche de cosmétique est en général envisagée sur un airbag déployé et amène une information sur la position d'un occupant.

6.18.2. Les terres

Les terres sont souvent très difficiles à interpréter mais peuvent orienter les recherches des enquêteurs dans certains cas dépourvus de traces³. Si la composition de ces dernières est très caractéristique, elle peut donner une indication géographique de la provenance d'un auteur.

¹ En date d'aujourd'hui, les tachygraphes numériques remplacent de plus en plus les anciens systèmes.

² Trajet du véhicule, vitesse, date, heure, état des clignoteurs et de l'ensemble de l'éclairage, déclenchement du feu bleu, du deux tons, utilisation du klaxon, etc.

³ L'analyse des terres dans les sciences forensiques est peu utilisée en Suisse dans la mesure où elle est complexe et manque de spécialistes.

6.18.3. Les GPS et autres ordinateurs de bord

Ces instruments contiennent souvent un grand nombre d'informations exploitables [MICHEL, 2003] : positions géographiques, itinéraires ou encore données temporelles. Les ordinateurs de contrôle moteur permettent également l'obtention d'informations très utiles pour la reconstruction de l'accident. Cependant, l'exploitation de ce type d'équipement demande des moyens techniques très spécialisés.

6.18.4. Les compteurs

Pour autant qu'ils aient été bloqués suite à un impact, les compteurs peuvent quelquefois être utiles à la détermination de la vitesse et/ou du régime moteur d'un véhicule au moment du choc (Figure 182). Il convient toutefois d'être extrêmement prudent lorsque telle exploitation est effectuée.



Figure 182 : Compteur bloqué à la suite d'un impact.

A noter que de nos jours, de plus en plus de compteurs sont digitalisés. Dans ce cas, il n'est pas possible d'en tirer des informations particulières car ces compteurs digitaux ne possèdent actuellement pas de mémoire. Il s'agit uniquement d'un affichage instantané.

6.18.5. Divers

En règle générale, tout objet détaché ou arraché d'un véhicule lors d'un accident de la circulation possède un potentiel d'exploitation. Ces matériaux donnent une indication sur la dynamique de

l'événement¹, mais permettent également d'effectuer des comparaisons avec un véhicule suspect dans les cas de violation des devoirs. Il arrive même dans certains cas, qu'une plaque minéralogique soit retrouvée sur le sol après la fuite du véhicule impliqué.

Hormis les traces précitées, certains points doivent être vérifiés à l'intérieur d'un véhicule accidenté. Ces contrôles sont loin d'être anecdotiques et concernent la position du levier de vitesse, le kilométrage, la position des commandes d'éclairage, l'état des sièges et le réglage des rétroviseurs [FERRANDEZ, 1995]. De plus, lorsqu'un doute est présent quant au fonctionnement du véhicule lui-même, ce dernier doit être contrôlé minutieusement afin de lever le litige.

A noter finalement que la position d'une victime déplacée avant l'arrivée de la police peut être déterminée dans certains cas grâce à l'utilisation d'une caméra thermique. Comme pour les traces de pneumatique, il est en effet possible de déterminer la position exacte qu'occupait un corps allongé grâce à la différence de température laissée sur la route. Ce type d'investigation doit toutefois être envisagé dans un délai de 30-40 minutes après les faits sur route sèche [RABEK, 2004].

6.19. Remarques finales

Compte tenu du but très formateur de ce travail de thèse (1.1), ce chapitre est essentiel car il donne une bonne vision des principaux éléments exploitables dans le cadre d'un accident de la circulation. Les principaux enseignements de la pratique de cette thèse y sont compris et l'expérience du soussigné y est intégrée.

L'idée principale qui ressort de cette étude est que toute trace ou élément jugé pertinent doit faire l'objet d'un prélèvement. Il n'y a en effet aucun obstacle à l'exploitation d'un nouvel indice, pour autant que ses limites soient connues. Un porte-monnaie comme des clefs, une montre ou encore des bijoux peuvent donc être retrouvés sur une scène d'accident et entrer en compte dans la reconstruction.

Le Tableau 15 ci-dessous résume les principales traces relevées dans ce chapitre, ainsi que leurs positions et possibilités d'exploitation. Certaines problématiques autour de ces traces seront reprises au cours de la discussion (Chapitre 8).

Relevons finalement que l'Annexe 1 de cette thèse est complémentaire à ce tableau. En effet la structure de la banque de données GTA est également constituée pour orienter les premiers intervenants au cours des recherches de traces.

¹ Leur distance de projection permet de vérifier la vitesse des véhicules lors du choc, souvent pré-estimée à l'aide des traces de freinage et des déformations [BURG & RAU, 1981 ; BURG & MOSER, 2007].

Type de traces	Principales zones de recherche et de prélèvements	Exploitations fréquentes de la trace
Traces de gomme¹	Sol	Reconstruction cinématique (vitesses, déplacements, zones de choc, accélérations) et localisation spatiale d'un véhicule ou d'un piéton à un moment donné de l'accident
Traces creuses²	Sol	Mise en évidence d'une zone de choc entre deux véhicules et détermination du trajet parcouru par un véhicule à deux roues sur le flanc
Déformations	Surfaces extérieures des véhicules et obstacles	Mise en évidence de contacts et estimation de la vitesse perdue lors d'un impact
Peintures³	Surfaces extérieures des véhicules, sol, obstacles et personnes heurtées ⁴	Mise en évidence de contacts et détermination du véhicule source en cas de fuite après l'accident
Verres	Surfaces extérieures des véhicules, sol, obstacles, piétons, conducteurs et passagers	Mise en évidence de contacts, identification de la source des débris en cas de fuite et estimation de la vitesse d'un impact en fonction de la distance de projection du verre
Polymères plastiques	Surfaces extérieures des véhicules, sol, obstacles, piétons, conducteurs et passagers	Mise en évidence de contacts, identification de la source des débris en cas de fuite et repositionnement des automobilistes à l'intérieur d'un habitacle
Traces biologiques⁵	Habitacles, surfaces extérieures des véhicules, sol et obstacles	Mise en évidence de contacts, identification d'un protagoniste en cas de fuite après l'accident et repositionnement des automobilistes à l'intérieur d'un habitacle
Fibres⁶	Habitacles, surfaces extérieures des véhicules, sol, obstacles,	Mise en évidence de contacts, repositionnement des personnes à l'intérieur d'un habitacle et comparaisons avec les vêtements

¹ Traces de freinage, d'accélération, de dérapage ou de dérive. Pour les piétons : traces de semelles lorsque ce dernier est heurté.

² Ces traces sont souvent retrouvées à l'endroit où deux pare-chocs se rencontrent. Une moto ou un scooter glissant sur le flanc produisent également ce genre de traces.

³ Fragments ou traces glissées.

⁴ Piétons ou automobilistes éjectés.

⁵ Sang, cheveux/poils, cellules de peau (traces de contact), salive, ...

⁶ Fibres déposées, arrachées ou fondues.

	conducteurs et passagers	d'un suspect en cas de vol de véhicule
Semelles¹	Habitacles	Comparaisons avec les semelles d'un conducteur en fuite et repositionnement des personnes à l'intérieur d'un habitacle
Liquides du véhicule²	Sol	Mise en évidence d'une zone de choc (giclures) et du cheminement après un impact (écoulement)
Blessures	Piétons, conducteurs et passagers	Contrôle du port des ceintures de sécurité, repositionnement des personnes à l'intérieur d'un habitacle et détermination du type de choc entre un véhicule et un piéton
Végétaux	Surfaces extérieures des véhicules et personnes heurtées / éjectées	Mise en évidence de contacts
Cosmétiques	Habitacles	Mise en évidence de contacts, repositionnement des personnes à l'intérieur d'un habitacle (airbags)
Usures sur les habits	Piétons, conducteurs et passagers	Mise en évidence de contacts et contrôle du port des ceintures de sécurité
Traces digitales	Habitacles et surfaces extérieures des véhicules	Identification d'un automobiliste en cas de fuite après l'accident / vol de véhicule
Éclairages	Véhicules	Contrôle de l'état des feux et des clignotants au moment d'un choc
Pneus	Véhicules	Mise en évidence d'un sous gonflage ou du mauvais entretien d'un pneumatique
Ceintures	Habitacles	Contrôle du port correct des ceintures de sécurité
Airbags	Habitacles	Mise en évidence de contacts, repositionnement des personnes à l'intérieur d'un habitacle

Tableau 15 : Résumé des traces, de leur position et des exploitations possibles de ces dernières [HAFSI & MASSONNET, 2008].

¹ En cas de choc très violent, les semelles du conducteur peuvent épouser le profil des pédales du véhicule et vis versa. Les traces de semelles laissées sur le sol par un piéton heurté sont classées sous « traces de gomme ».

² Huile, liquide de refroidissement, ...

7. CRÉATION DE LA BANQUE DE DONNÉES / DIDACTICIEL « ACCIDENT »

Les chapitres précédents ont démontré que les investigations dans le domaine des accidents peuvent parfois être très complexes. Plusieurs domaines de compétences sont souvent nécessaires et les traces / informations recueillies sont multiples. La complexité de l'ensemble résulte donc dans un problème de classification et de gestion qu'il est possible de résoudre grâce à la création d'une banque de données, couplée à un didacticiel.

Compte tenu du fait que cette banque de données a été créée dans un cadre professionnel associant la Police Neuchâteloise et l'Université de Lausanne, il a été décidé d'adapter la philosophie de programmation de cet outil avec la banque de données LIMS¹, utilisée par le Service Forensique de Neuchâtel. Cette décision a été prise afin de pouvoir associer l'aspect graphique des deux banques et intégrer si nécessaire un module « gestion d'accidents routiers » au sein de la banque plus générale du Service Forensique neuchâtelois.

Après avoir défini de manière grossière la structure de l'outil permettant d'ériger un canevas à l'usage des premiers intervenants (Cf. Annexe 1), différentes options ont été étudiées et envisagées afin de concrétiser cet objectif. Principalement pour des raisons de compatibilité avec la banque de données LIMS du SF neuchâtelois, le choix a été porté sur le programme FileMaker Pro (7.0 à 9.0). Le choix s'est très rapidement avéré judicieux car FileMaker permet une grande liberté de programmation tout en offrant une sérieuse stabilité. La version de FileMaker Pro a été adaptée au fil du temps puisque la programmation de la première version de la banque s'est étalée sur plus de 3 ans. La facilité de prise en main et l'énorme potentiel de ce programme ont permis la création d'un didacticiel sous forme de banque de données, ayant pour fonctionnalité, notamment l'intégration d'une check-list.

L'organisation de la banque de données a été pensée de manière à respecter trois principes fondamentaux. Premièrement, l'utilisation de cette banque doit absolument pousser l'utilisateur vers un schéma de réflexion allant du général au particulier. Cet aspect de la banque est primordial dans la mesure où il oriente véritablement le travail de l'enquêteur à la manière d'un didacticiel. La numérotation automatique des pièces a donc été conçue en conséquence. Deuxièmement, l'ajout de nouvelles traces dans la banque de données a été réalisé de manière à

¹ Laboratory Investigative Management System.

ce qu'il y ait une séparation selon un modèle H-V-E¹ légèrement modifié par rapport à la définition exacte du de ce système (approche systémique). Les traces sont en effet séparées de la manière suivante (H-V_{int}-V_{ext}-E) :

- Humains et leurs vêtements (piétons et occupants des véhicules) ;
- Intérieur des véhicules ;
- Extérieur des véhicules ;
- Environnement².

Finalement, les multiples possibilités d'impression d'étiquettes (étiquette générale comportant le numéro du cas et étiquettes pour toutes traces) incitent l'utilisateur à prélever les objets pertinents sur les lieux et à les sauvegarder en utilisant une numérotation précise. Cette possibilité offre une ligne directrice allant dans le sens de la préservation des traces dans un but d'exploitation. Une telle démarche est défendue par les Juges d'Instruction et le Ministère Public. Elle assure la possibilité d'effectuer ultérieurement de plus amples analyses, ou tout simplement permet de recourir à une contre-expertise si nécessaire [BUHLMANN, 2009].

Les prochains sous-chapitres exposent de manière simple, mais complète le potentiel de la banque de données « Accident ».

7.1. Les trois masques principaux

Les prochaines illustrations (Figure 183 , Figure 184 et Figure 185), montrent que la banque de données est composée de trois masques principaux. Ces masques ne traitent pas de la problématique des traces, mais contiennent des informations plus générales sur l'affaire et notamment sur la configuration des lieux, les véhicules et les piétons.

7.1.1. Masque de saisie générale

La Figure 183 représente le masque de saisie générale et reprend donc les premiers éléments de base sur l'affaire. Sur ce masque, les informations telles que la date et le lieu de l'événement, le nom du dossier, le descriptif de l'accident, le type de route, la vitesse signalée, la météo ou encore la luminosité sont décrites.

A noter que les informations les plus importantes (numéro du dossier, date de l'événement et de l'intervention, lieu et responsable du cas) sont reprises sur l'ensemble des trois masques. Il est en

¹ Humain, Véhicule et Environnement.

² Pour rappel, contrairement à la définition réelle, le E du système HVE ne concerne ici que le sol et les obstacles.

effet important de conserver ces données sous le champ de vision de l'utilisateur pour éviter les risques de confusion en ce qui concerne les cas sur lesquels il est en train de travailler.

Numéro du dossier: 10089 Date de l'accident: [] entre [] et [] Masque de saisie des véhicules / piétons en traitement

Classification de l'accident: [] Lieu de l'accident: [] à [] en attente

Date d'intervention: [] Responsable du cas: [] Nouveau dossier classé

Étiquette du cas Check-list Dossier photo

Descriptif général ⓘ

Nom du dossier: []

Description sommaire de l'accident: []

Type de route: [] []

Description de la route/signalisation: []

Description du sol: []

Éléments influençant l'adhérence: []

Vitesse signalée: [] Km/h

Détails de la route

Rayon éventuel de la courbe: [] m [] m [] m

Pente éventuelle: [] % [] % [] %

Dévers éventuel: [] % [] % [] %

Météo et visibilité

Température: [] C° Humidité relative: [] %

Météo: []

Luminosité: [] Éclairage public: []

Visibilité: []

Éléments circonstanciels

Témoignages: []

Remarques: []

« Les lois de la physique sont valables pour tous ... » [ARNOLD J.]

Figure 183 : Page d'accueil de la banque de données.

Sur cette page d'accueil, figurent deux boutons principaux en haut, à droite de l'écran. Le premier, de couleur verte, permet de créer un nouveau dossier vierge associé à un numéro de cas unique, incrémenté par la banque elle-même. Ce bouton se retrouve sur chacun des trois masques principaux.

Le deuxième bouton quant à lui est bleu et permet de passer au deuxième masque (véhicules et piétons) dont la copie d'écran se trouve sur la Figure 184. De cette manière, l'utilisateur peut naviguer librement entre les différents champs qu'il désire remplir.

Sur cette interface, le choix le plus important pour la suite concerne la classification de l'accident. Ce menu déroulant contient les champs « véhicule/s uniquement » et « véhicule/s piéton/s ». Cette distinction est importante dans la mesure où le deuxième masque principal (Figure 184) sera affecté par ce paramètre.

7.1.2. Masque d'ajout des véhicules et des piétons

Ce second masque permet, comme son nom l'indique, d'ajouter un véhicule et / ou un piéton au cas en cours de traitement. Il permet également d'avoir une vision d'ensemble de toutes les traces recueillies dans l'affaire en cours. Cette vue d'ensemble, fortement inspirée de la banque neuchâteloise LIMS, est très pratique dans la mesure où elle permet à l'utilisateur de savoir à tout moment quelles sont les traces prélevées dans une affaire. De cette manière, ce dernier peut avoir une idée de l'ampleur du cas et assurer un suivi rapide des investigations (Figure 184).

Outre le bouton permettant de créer un nouveau dossier (en vert), ce masque contient deux boutons de couleur bleue permettant à l'utilisateur de revenir au masque de saisie générale, mais également de passer au masque suivant, traitant des aspects « discussion et conclusion » du cas (Figure 185).

The screenshot shows a software interface for data entry. At the top, there are several input fields: 'Numéro du dossier' with the value '10089', 'Date de l'accident' with 'entre' and 'et' labels, 'Lieu de l'accident' with 'à' label, and 'Responsable du cas'. To the right of these fields are two buttons: 'Masque de saisie des Informations générales' and 'Discussion et conclusion (+ rapport)'. Further right is a green 'Nouveau dossier' button. Below these are three radio buttons: 'en traitement', 'en attente', and 'classé'. A horizontal menu below the form contains 'Véhicule', 'Etiquette du cas', 'Check-list', and 'Dossier photo'. The main area is a large empty box for a list of traces. At the bottom, there is a grid of buttons for different trace categories: 'Traces de gomme', 'Empreintes', 'Peintures', 'Traces biologiques', 'Déformations', 'Polymères', 'Verres', 'Divers', 'Contrôles pneus', 'Environnement', 'Fibres', 'Semelles', 'Liquides', 'Blessures', 'Végétaux', 'Cosmétiques', 'Usure des vêtements', and 'Contrôles ceintures'. Each button has a 'Listing' label. A 'Nouveau' button is also present in the bottom left corner of the grid area.

Figure 184 : Masque de saisie des véhicules et des piétons.

7.1.3. Masque de clôture du cas

Cette dernière interface contient les informations finales sur l'affaire en cours. En toute logique, ce masque est destiné à être complété en dernier lieu et juste avant le classement du dossier. Il contient trois champs, traitant des aspects « raisonnement et discussion », « conclusion » et

« remarques ». Comme le montre la Figure 185, ces champs ont été définis de manière à laisser à l'utilisateur le soin de noter un texte de manière totalement libre. Il est en effet important que ce dernier puisse avoir le plus de liberté d'écriture pour ses remarques finales.

The screenshot shows a web interface for closing a case. At the top, there are several input fields: 'Numéro du dossier' (10089), 'Date de l'accident' (with 'entre' and 'et' labels), 'Classification de l'accident', 'Lieu de l'accident' (with 'à' label), 'Date d'intervention', and 'Responsable du cas'. To the right of these fields are three radio buttons for status: 'en traitement' (selected), 'en attente', and 'classé'. Below the status buttons is a green 'Nouveau dossier' button. A blue button labeled 'Masque de saisie des véhicules / piétons' is also visible. Below the header, there are two small buttons: 'Rapport simplifié' and 'Dossier photo'. The main content area is titled 'Classement du dossier' and contains three large text input fields labeled 'Raisonnement et discussion', 'Conclusion', and 'Remarques'.

Figure 185 : Page de clôture du cas.

Outre le bouton de création d'un nouveau cas, ce dernier masque comprend également un bouton de navigation permettant de revenir à la page de saisie des véhicules et des piétons (Figure 184).

Rappelons que les trois masques décrits précédemment constituent l'ossature principale de la banque de données. Leur organisation correspond principalement à l'aspect « 1 - Caractéristiques de l'accident », décrit dans la Figure 2 et dans l'Annexe 1¹. Dans le but de décrire au mieux le potentiel de la banque de données créé lors de cette dernière partie pratique, il a été décidé de prendre un cas fictif en guise d'exemple. Ce cas fictif est traité ci-dessous et chaque étape de l'utilisation de la banque « accident » est décrite de manière à mettre en évidence les différentes possibilités offertes par cet application pratique. Il va de soi que l'ensemble des rubriques (noms,

¹ Il va de soi que le plan de travail initial a été adapté en fonction des possibilités offertes par FileMaker Pro[®].

prénoms, dates, numéros d'immatriculation, etc.) ont été créées de toutes pièces pour cet exemple et que toute ressemblance doit être imputée au pur hasard.

7.2. Traitement d'un cas pratique

Le cas pratique fictif choisi dans le cadre de cet exemple traite d'un accident entre un véhicule particulier et un piéton. Dès lors, il convient en premier lieu de choisir la classification « véhicule/s piéton/s » et non « véhicule/s uniquement » dans le masque de saisie générale comme le montre la Figure 186 ci-dessous (7.2.1).

7.2.1. Classification de l'accident

Figure 186 : Choix de la classification de l'accident.

Une fois la classification de l'accident définie, les champs libres sont remplis de manière à ce que l'ensemble des éléments pertinents soient présents dans le masque de saisie générale. Relevons que les différentes cases peuvent être laissées vides si nécessaire.

Tout au long de la saisie des informations concernant le cas, certains boutons de couleur orange sont disponibles et indiquent la présence d'une aide à l'utilisateur. Ces rubriques d'aide se présentent de la manière indiquée dans la Figure 187 (flèche rouge).

Figure 187 : Rubrique d'aide du masque de saisie générale.

Une fois le masque de saisie générale rempli selon les besoins de l'enquêteur, ce dernier se rend sur le second masque qui concerne les véhicules et les piétons. Le masque se présente alors selon la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (7.2.2).

7.2.2. Ajout des véhicules et des piétons

7.2.2.1. Véhicules

L'ajout d'un véhicule est effectué par un script associé au bouton « + Véhicule ». Le véhicule nouvellement créé se présente selon la Figure 188 et contient lui-même un certain nombre de champs permettant sa caractérisation. Les fiches de véhicules comportent les informations jugées les plus importantes pour la caractérisation de ces derniers et pour l'enquête en cours. Le numéro d'immatriculation du véhicule, son kilométrage, son type¹, sa marque, son modèle, sa couleur² et son âge permettent d'en définir les attributs principaux.

¹ Moto, voiture, cycle, etc. Relevons que remorques et semi-remorques sont également considérées comme des entités propres au sein du programme. En présence de ce type de véhicules, il convient d'utiliser l'option « véhicule lié », en bas à droite de la fiche des véhicules. De cette manière, la remorque pourra être attribuée à un camion ou un tracteur à sellette par exemple.

² Avec mention de la finition (unie ou métallisée).

Chaque véhicule possède une numérotation propre permettant immédiatement de l'attribuer à un dossier. En effet, la numérotation des véhicules est effectuée comme suit :

Numéro du dossier – V1, V2, V3, etc.

La fiche du véhicule contient également des informations sur le propriétaire (identité), le lieu de stockage (s'il est séquestré par les forces de police) et l'assurance (identité, adresse et téléphone).

Finalement, certains champs concernent plus particulièrement l'investigation en cours et les éventuelles démarches futures (expertises). Ceux-ci permettent de relever notamment le type et l'usure des pneus, l'état des éclairages ainsi que le chargement éventuel (carburant, bagages et charges de tout type).

The screenshot shows a web-based form for creating a new vehicle record. At the top, there are fields for 'Numéro du dossier' (10089), 'Date de l'accident' (18.02.2009), 'Lieu de l'accident' (Moullins 117 à Yverdon-les-Bains), and 'Responsable du cas' (Jean Duvoisin). A 'Nouveau dossier' button is on the right. Below this is a 'Véhicule' section with fields for 'Numéro du véhicule' (10089-V1), 'En fuite?' (radio buttons), 'ABS' (checkbox), 'Couleurs', 'Métallisé' (radio buttons), 'N° d'immatriculation', 'Kilométrage', 'Type de véhicule', 'Aide de conduite (ESP...)', 'Marque', 'Modèle', 'N° d'homologation', 'Mise en circulation', 'Nombre d'occupants', 'Nom du propriétaire', and 'Lieu de stockage'. There are also buttons for 'Intérieur du véhicule', 'Surface extérieure du véhicule', and 'Photo/s'. A 'Supprimer' button is at the bottom left. The bottom section is titled 'Traces' and contains a grid of buttons for various forensic traces: Traces de gomme, Empreintes, Peintures, Traces biologiques, Déformations, Polymères, Verres, Divers, Contrôles pneus, Environnement, Fibres, Semelles, Liquides, Blessures, Végétaux, Cosmétiques, Usure des vêtements, and Contrôles ceintures. Each trace button has a 'Listing' link below it.

Figure 188 : Champs disponibles dans le cadre de la création d'un nouveau véhicule.

7.2.2.2. Occupants

Une fois la description des paramètres relatifs au véhicule effectuée, la question des occupants doit alors être réglée. Le bouton « + Occupant » permet, comme son nom l'indique, d'ajouter un

nouvel occupant au sein d'un véhicule déjà créé. L'activation de ce bouton rend disponible le menu occupant présenté à la Figure 189 . Cet occupant peut être le conducteur, mais également un éventuel passager. Il va de soi qu'il peut y avoir plus d'un occupant par véhicule.

Figure 189 : Masque de saisie des occupants.

Ce menu contient différentes informations permettant de caractériser des automobilistes, qu'ils soient conducteurs ou passagers. Tout d'abord et de même que pour les véhicules, chaque occupant possède un numéro qui lui est propre. En suivant une logique allant du général au particulier, le numéro d'identification d'un occupant est défini comme suit :

Numéro du dossier – Numéro du véhicule – O1, O2, O3, etc.

Outre ce numéro, chaque occupant est décrit selon les besoins de l'enquête. Son identité succincte¹, sa place dans le véhicule², sa masse et sa langue sont des facteurs qui seront recensés. De plus, les blessures éventuelles provoquées par l'accident, la détention ou non d'un permis de

¹ Sexe, nom, prénom, date de naissance et adresse.

² Position et doute quant à cette dernière.

conduire, le port de la ceinture de sécurité ou du casque et les éventuelles analyses menées¹ peuvent être ajoutés à la description de l'occupant.

7.2.2.3. Piétons

Une fois le conducteur du véhicule créé, le bouton « Revenir sur le masque principal » du menu occupant peut être actionné. Ce bouton permet à l'utilisateur de revenir sur le masque de saisie des véhicules et des piétons afin d'ajouter un piéton à l'aide du bouton « + Piéton » comme le montre la Figure 190.

Figure 190 : Ajout d'un nouveau piéton (encadré rouge), grâce au bouton « + Piéton » (flèche rouge).

Tout comme les véhicules et les occupants, chaque piéton possède un numéro d'identification qui lui est propre. Ce numéro est composé selon toute logique en suivant le schéma :

Numéro du dossier – P1, P2, P3, etc.

¹ Alcoolémie, stupéfiants et examens médico-légaux.

Hormis le numéro d'identification, chaque piéton peut être défini selon son identité succincte (sexe, nom, prénom et date de naissance). Il est par ailleurs possible d'ajouter l'adresse de ce dernier, ainsi que son numéro de téléphone et la langue qu'il parle. Dans tous les cas, il est important de préciser l'état de santé du piéton (mort, blessé grave, blessé léger ou indemne), son témoignage ainsi que les résultats d'éventuels examens pratiqués sur lui de son vivant ou non¹.

7.2.3. Ajout des traces

Les traces recueillies sur les lieux et entrées dans la banque de données « accident » sont organisées selon une classification en quatre fractions : Humains et leurs vêtements, Intérieur des véhicules, Surface extérieure des véhicules et Environnement (H-V_{int}-V_{ext}-E).

Dans le cas présent, seules des traces présentes sur la surface extérieure du véhicule et sur le piéton ont été recueillies. Les paragraphes 7.2.3.1 et 7.2.3.2 présentent la marche à suivre à employer afin de procéder à l'ajout de ces nouvelles traces dans la banque.

7.2.3.1. Véhicules

Afin d'ajouter de nouvelles traces liées au véhicule numéro 10089-V1 et situées sur sa carrosserie, il convient de cliquer sur le bouton « + Nouveau » dans le module « Surface extérieure du véhicule » selon la Figure 191 (flèche rouge).

¹ Examen externe, autopsie, analyse de stupéfiant ou analyse d'alcoolémie.

Figure 191 : Ajout de nouvelles traces sur la surface extérieure d'un véhicule.

L'activation de ce bouton renvoie l'utilisateur sur le masque des traces présentes sur la surface extérieure du véhicule. Ce masque contient l'ensemble des traces relevées sur ce support et permet d'avoir une vision d'ensemble puisque chaque trace devient immédiatement visible à partir de l'instant où elle est insérée.

Dans l'exemple qui nous concerne, une touffe de fibres textiles ainsi que du sang ont été retrouvés lors de l'état des lieux sur la carrosserie du véhicule. Pour ajouter une trace de type textile, le bouton « + Nouveau » du module « Fibres » doit être actionné¹. L'activation de ce bouton ouvre une fenêtre contenant l'ensemble des champs nécessaires à la classification de cette trace (Figure 192). Relevons qu'à chaque type de traces correspond un certain nombre de champs à remplir qui lui est propre². De cette manière, toutes les traces récoltées sont traitées de manière personnalisée. Ceci évite la présence de multiples champs laissés vides pour cause d'incohérence.

¹ A noter que les poils et cheveux sont répertoriés dans le masque "traces biologiques".

² Pour les fibres : état, quantité, classe, couleur, zone de prélèvement, etc.

Au niveau de la numérotation, toute trace présente sur la surface extérieure du véhicule n°10089-V1 contient le préfixe 10089-V1Ext. La numérotation d'une trace de type textile est donnée selon le schéma suivant :

Numéro du véhicule + « Ext » – Fib1, Fib2, Fib3, etc.

Comme le montre la Figure 192 , Chaque trace peut être associée à une ou plusieurs photographies grâce au bouton « Photo/s » présent en bas à gauche de chaque module (flèche rouge).

The screenshot displays the 'Surface extérieure du véhicule' application. At the top, the vehicle number '10089-V1' is entered. Below this, there are nine modules for different types of evidence: Fibres, Peintures, Polymères, Traces biologiques, Verres, Végétaux, Déformations, Pneumatiques, and Divers. The 'Fibres' module is the primary focus, showing a form with the following fields: 'N° de la trace' (10089-V1Ext-Fib1), 'Quantité' (>1000 fibres), 'Etat de la trace' (arraché), 'Couleur' (blanc), 'Classe générale' (synthétique), 'Précision' (acrylique), and 'Zone de prélèvement' (Aile avant gauche). A red arrow points to the 'Photo/s' button located at the bottom left of the 'Fibres' module's form.

Figure 192 : Module « Fibres » sur la carrosserie d'un véhicule.

Toute nouvelle photographie ajoutée dans la banque est nommée selon le même principe :

Numéro de la trace – Image1, Image2, Image3, etc.

Afin que la banque de données prenne en compte une image au sein de sa rubrique multimédia, il convient de lui donner le nom attribué dans la banque. L'image doit ensuite être enregistrée dans un dossier prévu à cet effet.

La Figure 193 expose une copie d'écran réalisée depuis le masque « photographie » de la trace n°10089-V1Ext-Fib1. A noter que deux boutons de navigation sont présents en haut à droite de l'écran. Le premier permet le retour de l'utilisation sur le masque général des véhicules et des piétons. Le deuxième quant à lui, renvoie l'utilisateur sur la fiche du support de la trace (masque « surface extérieure du véhicule » en l'occurrence).

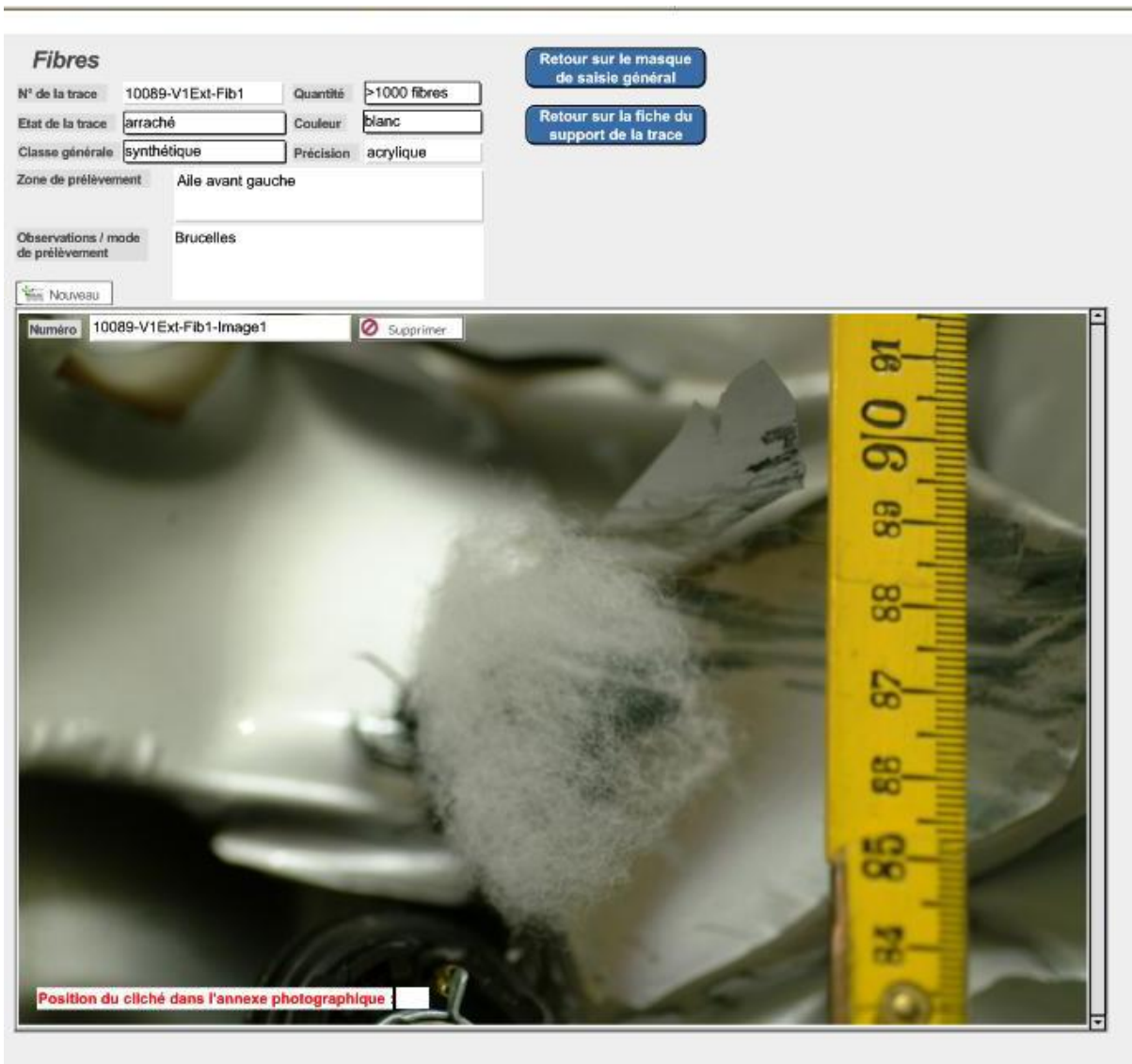


Figure 193 : Masque « photographie » de la trace n°10089-V1Ext-Fib1.

Une fois de retour sur la fiche du support de la trace, une nouvelle trace de type biologique peut être ajoutée au cas, comme le montre la Figure 194. Il est clair que l'identification de la personne à l'origine de la trace ne peut être effectuée qu'après analyse de cette dernière.

The screenshot displays a software interface titled "Surface extérieure du véhicule". At the top, the vehicle number "10089-V1" is entered, and a button labeled "Revenir sur le masque principal" is visible. The interface is organized into a grid of categories for recording traces:

- Fibres:** Includes fields for "N° de la trace" (10089-V1Ext-Fib1), "Quantité" (>1000 fibres), "Etat de la trace" (arraché), "Couleur" (blanc), "Classe génératrice" (synthétique), "Précision" (acrylique), and "Zone de prélèvement" (Aile avant gauche). It also has an "Observations / mode de prélèvement" field (Brucelles) and a "Photo/s" button.
- Traces biologiques:** Includes fields for "Numéro de la trace" (10089-V1Ext-Bio1), "Type" (sang), "Numéro PCN affilié" (25 234456 23), "Zone de prélèvement" (Optique avant gauche), and "Personne source" (JACQUES Thierry, 18.07.1980). It also has a "Description et observations" field and a "Photo/s" button.
- Peintures, Polymères, Verres, Végétaux, Déformations, Pneumatiques, Divers:** Each category has a "Nouveau" button and an "Etiquette" button.

Figure 194 : Ajout d'une trace de sang sur la carrosserie du véhicule n°10089-V1.

La numérotation et l'ajout de photographies dans le cadre d'une nouvelle trace biologique s'effectuent de manière similaire aux fibres textiles. Il en est par ailleurs de même pour l'ensemble des traces de la banque de données.

7.2.3.2. Piétons

De retour sur le masque principal de saisie des véhicules et des piétons, l'utilisateur s'aperçoit que l'ensemble des traces répertoriées jusqu'alors sont visibles en bas à droite de l'écran. Relevons également qu'une croix de couleur rouge est également apparue au niveau du véhicule n°10089-V1, sur le module « Surface extérieure du véhicule ». Cette croix rappelle en permanence à l'utilisateur que ce module contient des traces.

De la même manière que pour le véhicule n°10089-V1, l'utilisateur peut ensuite ajouter un certain nombre de traces sur le piéton n°10089-P1. En l'occurrence, deux « traces » sont relevées pour le cas fictif qui nous concerne. Il s'agit une blessure sur la jambe du piéton ainsi qu'une trace de pneumatique sur ses habits. Afin de répertorier ces deux éléments, le bouton « + Nouveau » du module « humains et leurs vêtements » doit être activé sur l'interface du piéton. Cette action est indiquée par la flèche rouge sur la Figure 195 .

The screenshot displays a software interface for accident investigation, divided into sections for vehicle and pedestrian data.

Top Section: Accident Overview

- Nom du dossier: 10089
- Date de l'accident: 18.02.2009 entre 0800 et 0820
- Classification de l'accident: véhicule/s piéton/s
- Lieu de l'accident: Moulins 117 à Yverdon-les-Bains
- Date d'intervention: 18.02.2009
- Responsable du cas: Jean Duvoisin
- Buttons: Masque de saisie des informations générales, Nouveau dossier, Discussion et conclusion (+ rapport)
- Status: ● en traitement, ○ en attente, ○ classe

Middle Section: Vehicle Details (Véhicule)

- Numéro du véhicule: 10089-V1
- En fuite? oui non ABS
- Couleurs: rouge
- Types de pneus: AV - D ?, AR - D ?, AV - G ?, AR - G ?
- Usure des pneus: AV - D réglementaire, AV - G réglementaire, AR - D réglementaire, AR - G réglementaire
- Carburant dans le réservoir: 1/2
- Poids à vide: 1200 Kg
- Assurance: Zurich assurance
- Tel. de l'assureur: 024/425.34.23
- Lié au véhicule: non lié

Bottom Section: Pedestrian Details (Piéton)

- Numéro du piéton: 10089-P1
- Nom: JACQUES
- Prénom: Thierry
- Date de naissance: 18.07.1980
- Sexe: masculin
- Langue parlée: français
- Etat: mort
- Adresse: Rue des Cerisiers 2, 1400 Yverdon-les-Bains
- Témoignage: Décès suite à un choc tête-pare-brise. Multiples lésions internes.
- Buttons: Humain et leurs vêtements, Nouveau

Bottom Section: Trace Management

- Buttons: Traces de gomme, Empreintes, Peintures, Traces biologiques, Déformations, Polymères, Verres, Divers, Contrôles pneus, Environnement, Fibres, Semelles, Liquides, Blessures, Végétaux, Cosmétiques, Usure des vêtements, Contrôles ceintures
- Each button has a 'Listing' option and a '+ Nouveau' button.

Figure 195 : Ajout d'une nouvelle trace sur un piéton.

Le masque de saisie des traces sur les piétons et leurs vêtements se présente de manière très similaire au masque de saisie des traces sur la surface extérieure des véhicules. 8 modules différents sont disponibles afin de cerner la majeure partie des situations rencontrées. Un neuvième module « Divers » permet d'ajouter certains informations ou traces moins fréquentes. Le bouton « +Nouveau » du module « Blessures » rend disponible une interface permettant l'ajout d'informations sur cette blessure (Figure 196).

Humains et leurs vêtements - piéton

Numéro du dossier	10089	Nom	JACQUES	Revenir sur le masque principal
Numéro du Piéton	10089-P1	Prénom	Thierry	

Traces de gomme <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette	Peintures <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette	Végétaux <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette
Polymères <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette	Verres <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette	Liquides <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette
Blessures <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> Etiquette	Usure des vêtements <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette	Divers <input type="checkbox"/> Nouveau <input type="checkbox"/> Etiquette

N° de la trace: 10089-P1-Ble1

Partie du corps touchée: Jambes

Description et interprétation: Impact contre le pare-choc du véhicule de M. PERRIN. Compte tenu des blessures, M. JACQUES a été heurté sur le côté droit.

[Photo/s](#)

Figure 196 : Module « Blessures », disponible sur les piétons et leurs vêtements.

Chaque nouvelle trace sur un piéton et ses vêtements se numérote selon la même logique que les traces sur la carrosserie d'un véhicule. Pour les blessures, cette numérotation s'effectue comme suit :

Numéro du piéton – Ble1, Ble2, Ble3, etc.

Tout comme pour les traces sur la surface extérieure des véhicules, l'ajout d'une ou de plusieurs photographies s'effectue de manière simple, en cliquant sur le bouton « photo/s » (Figure 197).



Figure 197 : Masque « photographie » associé à la trace n°10089-P1-Ble1.

De retour sur la fiche de support de la trace via le bouton prévu à cet effet, la dernière trace présente sur le piéton peut finalement être ajoutée. Cette trace de pneumatique ou de gomme, se présente de la manière illustrée à la Figure 198 et peut également tout à fait faire l'objet d'une ou de plusieurs photographie/s.

Humains et leurs vêtements - piéton

Numéro du dossier	10089	Nom	JACQUES	Revenir sur le masque principal
Numéro du Piéton	10089-P1	Prénom	Thierry	

Traces de gomme

Nouveau 1 Etiquette

N° de la trace: 10089-P1-Gom1

Zone de prélèvement: sur un vêtement sur la peau

Type de trace: Empreinte du profil ABS

Longueur: - Largeur: 20 cm Voie: -

Description détaillée: -

Photo/s

Peintures

Nouveau Etiquette

Végétaux

Nouveau Etiquette

Polymères

Nouveau Etiquette

Verres

Nouveau Etiquette

Liquides

Nouveau Etiquette

Blessures

Nouveau 1 Etiquette

N° de la trace: 10089-P1-Ble1

Partie du corps touchée: Jambes

Description et interprétation: Impact contre le pare-choc du véhicule de M. PERRIN. Compte tenu des blessures, M. JACQUES a été heurté sur le côté droit.

Photo/s

Usure des vêtements

Nouveau Etiquette

Divers

Nouveau Etiquette

Figure 198 : Ajout d'une trace de gomme sur les vêtements du piéton n°10089-P1.

7.2.3.3. Environnement

L'environnement, tel qu'il est défini dans le cadre de cette banque de données, représente le sol et les obstacles qui s'y trouvent. La voie de circulation, les champs ou étendues d'eau attenants, les arbres, les poteaux, etc. font donc partie de cet ensemble.

La banque de données créée au cours de ce travail de thèse permet l'ajout de traces et/ou de photographies provenant de l'environnement de l'accident. Dans ce cas pratique, choisi dans le but d'illustrer l'utilisation de la banque, aucune trace n'a été récoltée sur le sol ou d'éventuels obstacles lors de l'état des lieux. Le masque des traces « Environnement » n'est donc pas activé.

7.2.4. Ajout de photographies générales

Comme le montre la Figure 199 ci-dessous, après avoir entré les quatre traces susmentionnées dans les masques prévus à cet effet, l'utilisateur possède une vue d'ensemble des différents indices disponibles dans le cadre du dossier n°10089. Grâce aux indications fournies par les petites croix rouges, il apparaît que des informations concernant des traces de gomme, des traces biologiques, des fibres textiles et des blessures sont présentes dans la banque. Par ailleurs, il est

également indiqué que ces traces se situent sur la surface extérieure du véhicule n°10089-V1 et sur le corps et/ou les vêtements du piéton n°10089-P1.

L'intégration de nouvelles photographies générales de la scène de l'accident est possible via le masque principal de saisie des véhicules et des piétons. L'onglet « Images générales » présent en bas à gauche de l'écran sur la Figure 199 permet à l'utilisateur d'ajouter un grand nombre de fichiers multimédias à sa convenance. Il sied de relever que cette option est particulièrement utile pour l'ajout d'un plan de la scène également.

L'ajout de fichiers multimédias sur le masque ci-dessous est réalisé par le biais du bouton « + Nouveau » du module « Images générales ».

Figure 199 : Ajout d'une photographie générale au cas.

La numérotation des images générales (et des plans) est effectuée selon un canevas établi par la banque de données. Le nom du fichier lui est attribué à la création de cette photographie¹ :

Numéro du dossier + « -general » - Image1, Image2, Image3, etc.

¹ Bouton « + Nouveau » dans le module « Images générales ».

Afin que l'intégration du fichier « image » soit un succès, il convient de renommer le fichier selon son nouveau nom, défini par la banque. Lorsque cette opération est terminée, la vignette de l'image apparaît en bas à gauche sur le masque de saisie principal. Cette fonctionnalité peut s'avérer très utile car elle permet à l'utilisateur d'avoir constamment devant lui une vision globale de la scène de l'accident.

7.2.5. Clôture d'une affaire

Au terme des investigations concernant le dossier en cours, l'utilisateur a accès à différents champs traitant les points discussion et conclusion du cas. L'accès à ce dernier masque de saisie s'effectue via le bouton de navigation « Discussion et conclusion (+rapport) », présent en haut à droite de l'écran.

L'utilisateur peut alors remplir librement ces champs, sans contraintes relatives à la taille du texte. Cette liberté lui permet de clore l'affaire avec soin afin d'ajouter les derniers éléments jugés pertinents dans le cadre de l'interprétation du cas (Figure 200).

The screenshot shows a web interface for accident case management. At the top, there is a header with various input fields and buttons. The main content area is titled 'Classement du dossier' and contains three sections: 'Raisonnement et discussion', 'Conclusion', and 'Remarques'. The 'Raisonnement et discussion' section contains a text area with the following text: 'Cet accident a fait l'objet d'une recherche de traces afin de déterminer la position exacte du point d'impact entre véhicule et piéton. Une reconstitution cinématique a été demandée à un cabinet d'expert privé afin de déterminer la vitesse du véhicule au moment du choc et la distance entre celui-ci et le point de choc au moment du point de réaction du conducteur. [etc...]' The 'Conclusion' section contains a text area with the following text: 'La vitesse du véhicule au moment de l'impact a été estimée entre 30 et 35 km/h. La position du piéton a pu être déterminée, elle est marquée sur le plan. [etc...]' The 'Remarques' section is currently empty. In the top right corner, there is a red box highlighting three radio buttons: 'en traitement' (selected), 'en attente', and 'classé'. Below these buttons is a green button labeled 'Nouveau dossier'.

Número du dossier	10089	Date de l'accident	18.02.2009	entre	0800	et	0820	Masque de saisie des véhicules / piétons	<input checked="" type="radio"/> en traitement
Classification de l'accident	véhicule/s piéton/s	Lieu de l'accident	Moulins 117	à	Yverdon-les-Bains			Nouveau dossier	<input type="radio"/> en attente
Date d'intervention	18.02.2009	Responsable du cas	Jean Duvolsin						<input type="radio"/> classé

Rapport simplifié Dossier photo

Classement du dossier

Raisonnement et discussion

Cet accident a fait l'objet d'une recherche de traces afin de déterminer la position exacte du point d'impact entre véhicule et piéton. Une reconstitution cinématique a été demandée à un cabinet d'expert privé afin de déterminer la vitesse du véhicule au moment du choc et la distance entre celui-ci et le point de choc au moment du point de réaction du conducteur. [etc...]

Conclusion

La vitesse du véhicule au moment de l'impact a été estimée entre 30 et 35 km/h. La position du piéton a pu être déterminée, elle est marquée sur le plan. [etc...]

Remarques

Figure 200 : Masque de discussion et conclusion du dossier.

Comme l'indique l'encadré rouge sur la précédente figure, il est alors possible de mettre l'affaire en attente de certains actes d'enquête et résultats ou de la classer.

7.2.6. Fonctionnalités

Outre les rubriques d'aide omniprésentes, dont l'une d'entre elle a été exposée au paragraphe 7.2.1 (Figure 187), il existe un nombre important de fonctionnalités dont le but principal est de simplifier la tâche de l'utilisateur de cet outil de collecte et de gestion des traces. Ces dernières sont décrites dans les paragraphes suivants.

7.2.6.1. Dossier photographique

Grâce à l'utilisation de la fonctionnalité « Dossier photo », l'utilisateur peut avoir accès à l'interface de création d'un dossier photographique (Figure 201). L'ensemble des images multimédias entrées jusqu'ici dans la banque de données est alors disponible. Les images peuvent être triées, réorganisées, voire ignorées si nécessaire. Il est également possible de saisir une page de garde afin de fournir un cahier photographique complet, imprimable sur papier ou enregistrable en pdf.

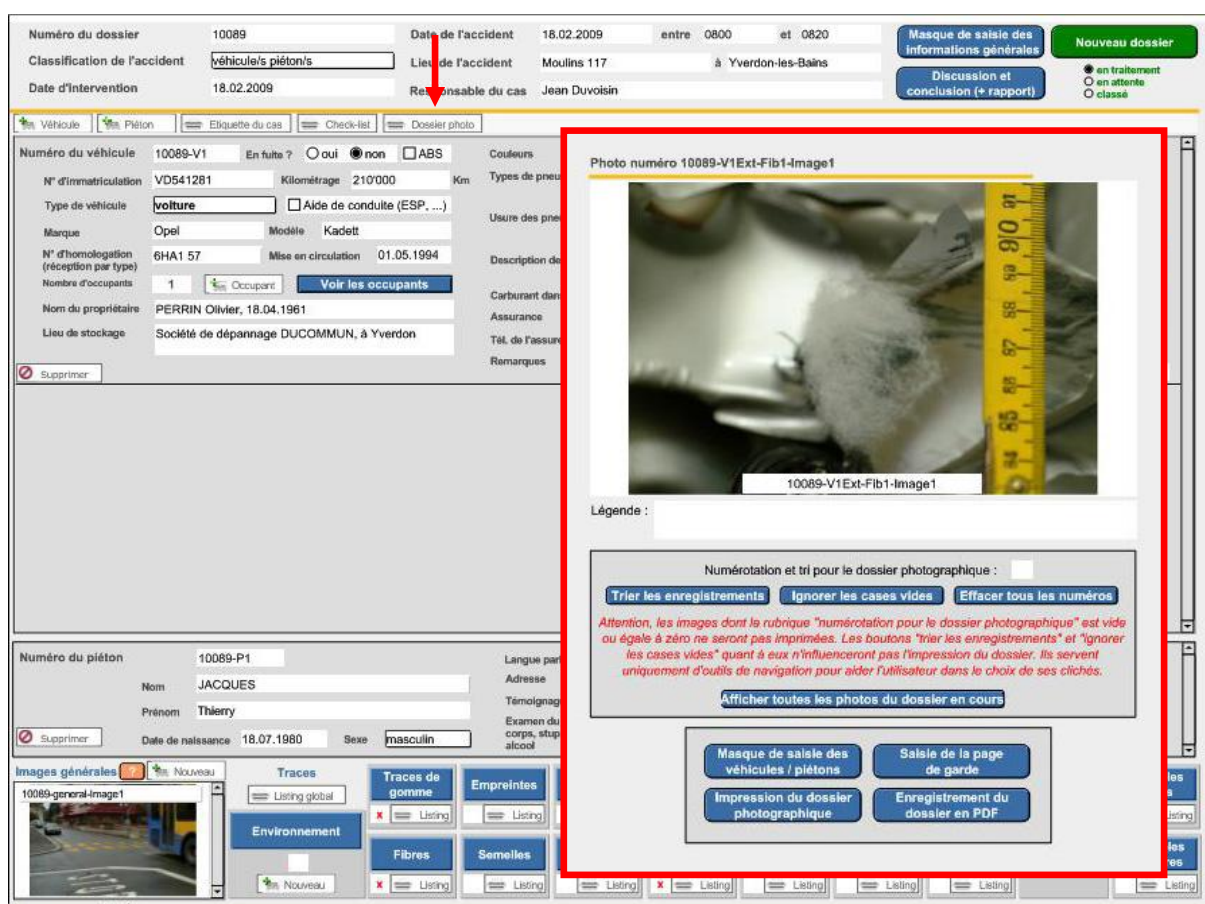


Figure 201 : Création d'un dossier photographique.

7.2.6.2. Étiquettes collantes

Les boutons permettant l'impression d'étiquettes collantes font gagner un temps considérable à l'utilisation. Par ailleurs, ils évitent dans la mesure du possible les erreurs de numérotation puisque les données sont directement imprimées sur papier adhésif et non recopiées à la main.

Les fonctionnalités de type « étiquettes collantes » sont disponibles pour chaque trace depuis son propre module de saisie (numérotation et informations principales sur le dossier), mais également pour imprimer une étiquette de cas servant à archiver le carton ou l'enveloppe contenant l'ensemble des pièces. Cette dernière fonctionnalité est illustrée à la Figure 202 ci-dessous.

The screenshot displays a web-based application for accident management. At the top, there is a header with 'Numéro du dossier' (10089), 'Date de l'accident' (18.02.2009), and 'Classification de l'accident' (véhicule/s piéton/s). A red arrow points to the classification field. Below this is a detailed form for 'Véhicule' (Opel Kadett) and 'Piéton' (JACQUES Thierry). A red box highlights a printed label that reads 'Cas 10089' and 'Jean Duvoisin 18.02.2009'. The bottom of the interface shows various trace categories like 'Traces de gomme', 'Empreintes', 'Fibres', etc., with 'Listing' buttons.

Figure 202 : Impression d'une étiquette collante contenant les informations sur le dossier en cours.

7.2.6.3. Pense-bête

Dans le cadre de l'objectif n°3 de ce travail de thèse (Tableau 5), l'intégration d'un pense-bête, appelé communément check-list, au sein de la banque de données « accident » est implicite. Cet outil, à l'usage des premiers intervenants a été créée de manière à pouvoir être consultée et/ou imprimée depuis les principaux masques de saisie.

Inspiré de la liste créée par l'Institut Suisse de Police (ISP) à l'attention de l'École Suisse d'Aspirants de Police (ESAP), ce pense-bête contient toutes les informations nécessaires à la bonne marche d'une investigation dans le domaine des accidents. Chaque point relevé par ce dernier constitue un élément auquel il convient de réfléchir lors de l'état des lieux, plus particulièrement dans le cadre des recherches et des prélèvements de traces.

Étant donné que cette banque de données « accident » a été programmée en collaboration avec le Service Forensique de la Police Neuchâteloise, certaines informations inscrites sur cette liste sont particulièrement adaptées au canton de Neuchâtel. Tel est principalement le cas pour les coordonnées des dépanneurs et la description des intervenants sur la scène d'un accident. Il va de soi néanmoins que ce répertoire est susceptible de subir un certain nombre de modifications dans la mesure où il se doit d'être adapté au canton dans lequel il est implanté.

Relevons que l'impression de la liste s'effectue au moyen d'un bouton présent sur les masques principaux de la banque de données. Le fichier imprimé à la suite de cette opération est repris à la fin de ce travail de thèse, au sein de l'annexe 3.

7.2.6.4. *Rapport simplifié*

Une fois les principaux champs du dossier remplis, il est possible d'imprimer un petit rapport très synthétique, permettant un transfert sommaire, mais rapide d'informations. Cette fonction peut s'avérer très utile dans la mesure où elle fournit la description des principaux objets concernés (véhicules, occupants et piétons), ainsi que les traces recueillies sur ces derniers.

L'impression du rapport de synthèse peut être effectuée en actionnant un bouton « Rapport simplifié » sur le masque de discussion et de conclusion.

7.2.6.5. *Listings*

Afin de clore ce sous-chapitre ayant trait aux diverses fonctionnalités, relevons que l'utilisateur possède également un outil lui permettant d'imprimer des listings de traces. Comme le montre la Figure 203, ces listings peuvent être distincts en fonction de chaque type de traces (encadrés rouges). Il est également possible d'imprimer un listing global comportant un résumé de toutes les traces présentes dans le dossier en cours (encadré vert).

Numéro du dossier: 10089 | Date de l'accident: 18.02.2009 entre 0800 et 0820 | Masque de saisie des informations générales | Nouveau dossier

Classification de l'accident: véhicule/s piéton/s | Lieu de l'accident: Moullins 117 à Yverdon-les-Bains | Discussion et conclusion (+ rapport)

Date d'intervention: 18.02.2009 | Responsable du cas: Jean Duvoisin

Véhicule | Piéton | Etiquette du cas | Check-list | Dossier photo

Numéro du véhicule: 10089-V1 | En fuite? oui non ABS | Couleurs: rouge | Métallisé: oui non ?

N° d'immatriculation: VD541281 | Kilométrage: 210'000 Km | Types de pneus: AV - D ? AR - D ? AV - G ? AR - G ?

Type de véhicule: voiture Aide de conduite (ESP, ...) | Usure des pneus: AV - D réglementaire AV - G réglementaire AR - D réglementaire AR - G réglementaire

Marque: Opel | Modèle: Kadett | Description des éclairages: -

N° d'homologation (réception par type): 6HA1 57 | Mise en circulation: 01.05.1994 | Carburant dans le réservoir: 1/2 | Chargement: ? | Poids à vide: 1200 Kg

Nombre d'occupants: 1 Occupant Passager | Voir les occupants

Nom du propriétaire: PERIN Olivier, 18.04.1961 | Assurance: Zurich assurance | Tél. de l'assureur: 024/425.34.23

Lieu de stockage: Société de dépannage DUCOMMUN, à Yverdon | Remarques: -

Lié au véhicule: non lié

Numéro du piéton: 10089-P1 | Langue parlée: français | Etat: mort | Adresse: Rue des Cerisiers 2, 1400 Yverdon-les-Bains

Nom: JACQUES | Prénom: Thierry | Témoignage: - | Humains et leurs vêtements

Date de naissance: 18.07.1980 | Sexe: masculin | Examen du corps, stup ou alcool: Décès suite à un choc tête-pare-brise. Multiples lésions internes.

Images générales | Nouveau | Listing global | Environnement

Traces de	Environnement	Relevés	Traces de	Déformations	Déchets	Vestes	Divers	Contrôles
général	Listing	Listing	signaux	Listing	Listing	Listing	Listing	Listing
Divers	Listing	Listing	Éclairage	Listing	Listing	Usure des	Listing	Contrôles
	Listing	Listing	Listing	Listing	Listing	Listing	Listing	Listing

Figure 203 : Impression de listings, à disposition de l'utilisateur.

7.3. Les phases de test

La phase de programmation de la banque de données susmentionnée a été achevée en début d'année 2009. A partir de ce moment, la structure principale de la banque n'a plus été modifiée. Néanmoins, cette dernière a fait l'objet de multiples améliorations de forme au cours du temps. Le CD-Rom transmis en annexe à ce travail de thèse contient la version la plus avancée au moment de la finalisation de ce travail.

Une fois la programmation de la banque de données achevée, il apparaît comme étant primordial que celle-ci soit testée. Cette procédure lancée en deux étapes, a été réalisée de manière individuelle dans un premier temps, puis en collaboration avec différents experts, laboratoires et corps de police dans un second temps.

7.3.1. Phase d'auto-évaluation

La première étape de test de la banque de données a été effectuée de manière individuelle. L'ensemble des fonctionnalités a été testé à l'aide des cas réels récoltés lors de la partie pratique de ce travail.

Cette phase d'auto-évaluation a permis notamment de mettre en évidence la nécessité d'un historique répertoriant les différents actes d'enquête menés dans le cadre d'une affaire. Au terme de cette phase, le module « images générales » ainsi que le design des dossiers photographiques ont également été améliorés¹.

7.3.2. Phase d'évaluation externe

Cette étape de test constitue la phase la plus importante de ce chapitre. Grâce aux diverses présentations de la banque de données, cette dernière a pu être validée, distribuée à de multiples cantons et adoptée par le groupe technique accident (GTA) de Neuchâtel (7.3.2.2).

En substance, la banque de données a tout d'abord été présentée aux deux experts officiels, chargés de l'encadrement de ce travail. M. Jörg ARNOLD ainsi que le Dr Jean-Philippe DEPRIESTER ont donc été sollicités afin d'apporter leurs commentaires et suggestions sur la banque. Les multiples remarques obtenues lors de ces séances ont été prises en compte et plusieurs améliorations ont vu le jour.

Durant la présentation des fruits de ce travail, il a été décidé de fournir une présentation aux différents chefs des groupes accidents suisses.

7.3.2.1. *Présentation à la réunion des chefs de groupes d'accidents suisses*

En date du 25 mai 2009, lors de la 5^{ème} journée annuelle des chefs de groupes d'accidents suisses, à Emmen, la banque de données « accident » a été brièvement présentée en langues française et allemande. A cette occasion, des CD-Rom contenant la banque de données ont été distribués gratuitement à l'ensemble des cantons présents en échange de feed-back.

Les remarques apportées par les cantons ayant répondu ont été enregistrées et certaines améliorations ont vu le jour par ce biais.

7.3.2.2. *Implantation de la banque de données dans un groupe technique accident*

En date du 1^{er} septembre 2009, le groupe technique accident de la police neuchâteloise (GTA) a été officiellement créé. Dans la mesure où cette entité ne possédait jusqu'alors aucun outil de gestion des traces et des cas, la banque de données « accident » y a été implantée après avoir

¹ Le lecteur est invité à prendre connaissance de la dernière version de la base, fournie sur le CD-Rom annexé.

dispensé une formation préalable sur Filemaker Pro[®] et ses possibilités / contraintes aux 6 membres du groupes.

Depuis cette date, l'outil a été rebaptisée et se nomme depuis lors « banque de données GTA¹ ». Toutes les modifications ultérieures à cette date ont été directement inspirées des besoins de fonctionnement du nouveau groupe neuchâtelois.

7.4. Remarques finales

La banque de données GTA, après avoir été testée par différents experts en accidentologie, a été implantée au sein de la police neuchâteloise. Cette utilisation en routine par un corps de police et la distribution nationale de la banque marquent tous deux l'aboutissement de cette application pratique pouvant être qualifiée de conséquente. Au terme de ce chapitre, le point 1.3.5 du plan de travail touche à sa fin.

L'utilisation quotidienne de cette nouvelle banque, quant à elle, est garante de la constante évolution de l'outil. De cette manière, ce dernier n'est pas destiné à tomber en désuétude.

Relevons finalement que le Cd-Rom fourni en annexe à cet écrit contient la dernière version de la banque GTA, laquelle continuera d'être mise à jour, y compris après la restitution de ce travail de thèse. L'installation de cette banque de données nécessite la participation du soussigné, notamment pour l'installation des liens entre les fichiers multimédias et le serveur sur lequel les images sont enregistrées chez le nouvel utilisateur.

¹ GTA : Groupe Technique Accident.

8. DISCUSSION

8.1. Introduction

La qualité des investigations des accidents est encore très variable de nos jours en Suisse, tant en ce qui concerne la recherche de traces sur place, que l'exploitation de ces dernières. Si chaque canton possède ses spécialistes, à l'interne comme à l'externe de la police, il est anecdotique de rencontrer une véritable collaboration entre les différentes spécialités. Une réelle marge d'amélioration est donc possible puisque les différents corps de métier n'utilisent pas les informations des autres dans le cadre de leurs investigations. Ainsi, il est rare qu'un expert en dynamique collabore véritablement avec un expert en microtraces pour obtenir plus de précision quant à un impact et un transfert de traces par exemple.

Ce travail, élaboré sur plus de 7 ans, possède comme concept général la mise en commun des traces de contact, souvent désignées sous le vocable microtraces et de la reconstruction cinématique dans un seul et même ouvrage (Tableau 1). Il vise à réunir deux domaines qui souvent se tournent le dos, afin de démontrer leur complémentarité, mais également pour souligner les plus-values importantes que cette union confère aux investigations des accidents.

Les 5 sous-chapitres suivants ont pour but de mener une réflexion sur les différentes parties pratiques de ce travail. Il s'agit de discuter les limites, mais également les avantages et perspectives des démarches réalisées.

8.2. Réflexions sur la morphologie d'une trace

Les séquences mises sur pied dans le Chapitre 3 sont très utiles, mais elles ne sont pas destinées à un utilisateur sans expérience. Les adjectifs et les termes utilisés par le soussigné pour décrire certaines caractéristiques morphologiques doivent, par la force des choses, être imagés pour être bien compris. De ce fait, l'utilisateur de ces séquences est invité à s'appuyer sur les nombreuses photographies présentes tout au long du chapitre ainsi que dans l'Annexe 4 pour bien comprendre le langage employé et sa signification (dégât de forme ovale ou aligné verticalement, aspect griffé ou lisse, texture complexe, etc.).

En ce qui concerne les observations microscopiques effectuées sur la texture des traces, la phase de collecte a été très délicate à effectuer. Lors des prélèvements de traces sur les murs et poteaux de parkings, la pertinence de la collecte repose sur le fait que seul un corps en mouvement a pu déposer la trace. Compte tenu du lieu (parking souterrain pour véhicules particuliers), la probabilité que les traces aient été laissées par un véhicule (par rapport à toute autre source) est

très grande. Toutefois, certains paramètres relatifs à cet échantillonnage sont très difficiles à évaluer. C'est en effet le cas pour les véhicules retouchés et les éventuels transferts secondaires¹. Relevons que les problèmes de retouches et de transferts secondaires sont également valables pour le recueil des traces provenant de cas réels.

L'Annexe 4 expose un grand nombre de traces de contact, classées selon leur origine. Certaines traces doivent être interprétées puisque le support était sale ou endommagé lors du prélèvement. Dans ce deuxième cas de figure, il peut arriver que la peinture du support ou le support lui-même se soit détaché lors de l'apposition de l'adhésif. Cela pose naturellement un problème pour les photographies car il est difficile de présenter uniquement la trace d'intérêt. Pour la partie analytique par contre, aucun problème n'est rencontré puisque la technique utilisée (FTIR) permet de cibler les zones d'intérêt au sein d'un prélèvement.

Ces différents biais sont à garder à l'esprit dans la mesure où ils n'ont pas pu être évités. Toutefois ils ne remettent pas en cause la pertinence de l'ensemble des prélèvements puisque leur proportion est faible.

La Figure 3, présentée au sein du chapitre "Projet de recherche", met en avant la nécessité de déterminer avec précision l'origine d'une trace indiciaire (support, véhicule à l'origine du dommage, bruit de fond ou autre source). Le Chapitre 3 répond à une partie de ces besoins dans la mesure où la morphologie des traces est étudiée en fonction de leur origine (automobile ou alternative). Néanmoins, l'importance de la qualité du prélèvement demeure toujours primordiale. En effet, comme le montre le Tableau 17, certaines méthodes de prélèvements sont plus ou moins favorables aux examens de laboratoires. Le grattage d'une trace par exemple, provoque un mélange entre le support et la matière indiciaire. Cela entraîne des difficultés d'observations et bien sûr, des difficultés analytiques également.

La partie analytique du troisième chapitre met en avant un potentiel important de discrimination des traces grâce aux analyses FTIR. Pour rappel, la nature non-automobile (alternative) d'une trace (plastique ou peinture) peut être établie dans environ 85% des cas². Ces résultats sont prometteurs, mais il convient de les préciser afin que le lecteur ne commette pas d'erreur d'interprétation. En effet, le but principal de ce chapitre est de déterminer si une trace d'origine non-automobile peut être détectée comme telle et dans quels cas de figure. Cette subtilité est due principalement à un problème lors du processus de récolte de traces. En effet, les traces de type automobile sont très standardisées et possèdent des caractéristiques relativement proches les unes des autres (intravariabilité moyenne à faible et bonne qualité des matériaux). Cela n'est pas le cas

¹ Un véhicule peut en effet percuter un mur, puis un poteau de parking avec la même zone de son véhicule. Ce cas de figure, bien que rare, biaise le recueil des spécimens de source automobile.

² Ces résultats ont pu être obtenus en tenant compte du type de matériau composant la trace. De cette manière, les banques de données EUCAP appropriées ont pu être utilisées pour les comparaisons [Tableau 10].

avec les traces d'origines alternatives car il peut s'agir par définition de tout et de n'importe quoi (intravariabilité très élevée et matériaux pouvant parfois être de très mauvaise qualité). Dès lors, le nombre de prélèvements qu'il aurait fallu réaliser pour obtenir un échantillonnage représentatif des traces alternatives aurait été beaucoup trop important et impossible à réaliser. Au niveau de la philosophie de travail, cette contrainte a eu pour effet d'orienter les observations sur un grand nombre d'échantillons de peinture automobile. Le but étant de pouvoir détecter lorsqu'une trace inconnue ne correspond pas aux multiples observations effectuées sur la base des échantillons automobiles¹.

Hormis ce problème de collecte, la partie analytique de ce chapitre soulève une question d'ordre plus générale : que faire d'une indifférenciation chimique et comment l'interpréter ? Certains auteurs préconisent l'utilisation du théorème de Bayes et proposent un jeu de deux hypothèses pour résoudre cette problématique [TARONI *et al*, 2010]. Cette démarche mérite d'être creusée en vue d'être appliquée dans le domaine des accidents.

La banque de données FTIR, composée des revêtements de parkings lausannois et des éléments du service des ponts et chaussées neuchâtelois n'est pas exhaustive mais est jugée représentative puisque les fournisseurs ne sont pas illimités en Suisse.

Cette banque de données a été utilisée de manière statistique dans cette étude. Toutefois les informations qu'elle contient peuvent être utilisées d'une autre manière : la comparaison d'une trace d'origine inconnue avec cette banque de données peut en effet mettre en évidence un lien entre cette trace et un élément de la banque. Dès lors, il est possible de détecter une déprédation dans un des 7 parkings lausannois ou sur des éléments routiers appartenant au canton de Neuchâtel.

Le troisième chapitre de cette thèse est clairement orienté selon la philosophie de travail « du général au particulier ». Le schéma ci-dessous en montre les avantages (Tableau 16).

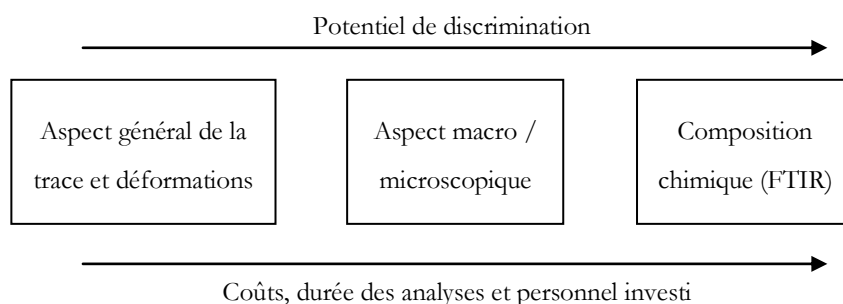


Tableau 16 : Pouvoir discriminant et coûts des examens des traces de contact.

¹ Cet élément précise pourquoi le nombre d'échantillons automobiles est plus important que ceux d'origine alternative (Annexe 4).

Ce tableau est très explicite et démontre que plus la séquence est avancée, plus les coûts, la durée et le personnel investis sont grands. Il est donc important de trouver un terrain d'entente avec le magistrat en charge du dossier au commencement de l'enquête et de fixer des objectifs communs avec lui. L'auteur de cette recherche tient à rappeler que le prélèvement de la trace suspecte est toujours conseillé. Dans ce cas, il est possible de simplement observer la trace (mise en évidence rapide d'éventuelles fraudes) ou de la conserver pour la comparer ultérieurement avec un véhicule source potentiel. Relevons que le simple fait d'effectuer des prélèvements sur le véhicule d'un plaignant permet certaines fois d'amener ce dernier à passer aux aveux en cas de tentative de fraude. L'impact psychologique d'un prélèvement de peinture, associé aux compétences humaines des investigateurs est en effet non négligeable et permet parfois d'éviter de longues et coûteuses guerres juridiques.

Finalement et d'un point de vue plus général, les démarches réalisées au cours de ce troisième chapitre ont permis de mettre sur pied une réelle application pratique. La création de séquences d'investigations a en effet permis d'apporter une aide substantielle aux investigateurs des accidents ainsi qu'aux experts en assurances. Voici les trois principaux avantages qui découlent de cette étude :

- Amélioration de la détection des fraudes envers les assurances : de nos jours, il demeure une grande part de fraudes face auxquelles les assurances sont mal équipées pour se défendre. Ces dernières sont donc contraintes, faute de preuves, de rembourser les fraudeurs. Les techniques mises en place dans ce chapitre permettent de résoudre en partie cette problématique car elles offrent une meilleure efficacité dans la détection de l'origine d'une trace inconnue.
- Clarification du déroulement d'un accident de la circulation : cette recherche offre la possibilité de mieux comprendre la nature et l'orientation des chocs subis par un véhicule. L'étude de la morphologie des traces laissées sur ce dernier permet en effet de déterminer avec plus de précision le type d'impact subi (véhicule – véhicule ou véhicule – environnement).
- Mise en évidence de déprédations de la voie publique : plusieurs dizaines de milliers de francs sont dépensés tous les mois dans chaque canton pour la réparation des dommages dus à des accidents non déclarés, causés à la voie publique. Grâce aux banques de données réalisées au cours de cette étude, la détermination de la provenance d'une trace peut déboucher sur la découverte d'une déprédation de la voie publique (revêtement de parking ou matériel des Ponts et Chaussées) et donc être dénoncée.

8.3. Réflexions sur les mécanismes de transfert des traces

Les expériences menées au cours de ce chapitre sont pionnières dans le domaine et seule une petite partie des paramètres influençant le transfert a pu être testée. De multiples difficultés ont été rencontrées lors de ces tests et les enseignements qui ont pu être acquis demeurent très difficiles à généraliser.

Le premier élément qu'il convient de discuter concerne le matériel utilisé. En général, la forme des échantillons de carrosserie en tôle n'a pas posé de problèmes particuliers lors du processus de pliage à l'étau car seuls les échantillons plats, voire peu courbés ont été conservés. Toutefois, il est impossible de connaître l'effet exact d'une légère courbure sur le détachement des peintures et il convient d'être prudent à ce sujet. Si d'autres démarches devaient être envisagées, seules des parties de carrosserie parfaitement planes devraient être prélevées.

En ce qui concerne les 7 paramètres testés (nombre de couches, épaisseur totale de la peinture, zone de la carrosserie concernée, marque et modèle du véhicule, présence ou absence de retouche, finition de la peinture et année de fabrication), il a été démontré que leur impact sur la fragilité du système de peinture n'est pas le même. En effet, si certaines variables telles que le modèle du véhicule, l'épaisseur de la peinture ou l'année de fabrication influencent fortement l'angle de cassure, ce n'est pas le cas pour d'autres telles que la zone de carrosserie sur laquelle la peinture a été appliquée, par exemple.

Après avoir analysé cette problématique, force est de constater qu'il est impossible, dans l'état de nos connaissances, de tirer des tendances fiables et valides des résultats. Ces derniers sont en effet difficilement exploitables mais ont le mérite de bien cerner le problème. Celui-ci réside principalement dans le fait que certains paramètres n'ont tout simplement pas été testés dans cette étude. En effet, l'influence de la couleur, la composition des couches¹ et la mesure de l'épaisseur de chaque couche doivent être pris en compte pour tenter de comprendre plus précisément les différences constatées. Ainsi, nous pourrions imaginer qu'une composition soit plus friable qu'une autre, entraînant ainsi plus facilement la rupture de l'ensemble du système de mise en peinture. Compte tenu de ces informations, il est donc nécessaire de mener une étude à plus large échelle pour progresser dans ce domaine, tester les limites et en tirer des conclusions exploitables dans la pratique.

Pour l'heure, bien que le phénomène du transfert de peinture ne puisse pas encore être compris dans son ensemble, de grandes tendances générales ont été faites et sont reprises ci-dessous :

- Premièrement, les résultats obtenus démontrent que l'âge d'une peinture influence grandement ses propriétés de transfert. En effet, une vieille peinture transférera des fragments plus facilement et en plus grande quantité qu'une peinture récente. Cette

¹ Couche d'accrochage notamment.

information est intéressante, mais englobe une zone d'ombre, difficile à mesurer : en l'état, les résultats ne permettent pas de déterminer si la fragilité d'une vieille peinture est due à sa composition (anciennes formulations moins évoluées) ou si elle provient de l'effet des conditions climatiques (UV notamment) et donc de la dégradation de cette peinture au cours des années. La problématique soulevée par ces résultats peut être résolue en faisant vieillir deux groupes de peintures neuves dont la composition est la même, mais dans des conditions différentes : avec et sans contraintes dues aux intempéries et au UV. La mesure de la fragilité de ces systèmes années après années permettrait de déterminer la réelle influence de ces variables.

- Deuxièmement, les résultats exposés au sein du Graphique 36 font état de deux grands groupes de peintures, qui se comportent de manière sensiblement différente. Le premier groupe contient des peintures relativement fragiles (angles de cassure faibles à moyens) et dont l'épaisseur, la marque et le modèle sont très variables. Le deuxième groupe, quant à lui, réunit des systèmes dont l'angle de rupture est très élevé (forte résistance à la déformation) et dont l'épaisseur est variable. Il est difficile d'expliquer clairement la différence majeure entre ces groupes avec les informations obtenues jusqu'alors. Néanmoins, le deuxième groupe est uniquement composé de véhicules de marque allemande, dont l'année de fabrication est majoritairement supérieure à 1997¹.

Les expériences menées au cours de ce quatrième chapitre indiquent que les caractéristiques des véhicules donneurs influencent le transfert des traces, au même titre que les caractéristiques de la surface réceptrice et le type de contact (vitesse, incidence, etc.). Dès lors, il est légitime de s'interroger sur la possibilité de prévoir à l'avance si des traces seront transférées au cours d'un accident donné, en quelle quantité et sous quelle forme (fragments ou traces glissées)². Il va de soi que cette question suscite immédiatement une nouvelle problématique : quelle est la signification d'une absence de trace ? indique-t-elle une absence de contact ou uniquement une absence de transfert ? Il ne fait nul doute qu'une partie des réponses à ces interrogations seront connues lorsque les paramètres propres au transfert seront maîtrisés. Toutefois, il est déjà possible de fournir une piste, grâce aux résultats obtenus jusqu'alors.

¹ Un seul véhicule est plus ancien. Il s'agit d'une BMW Série 3 E36, de 1995 (angle de cassure : 175°).

² Certains auteurs ont utilisés le théorème de Bayes pour prédire des paramètres à l'avance dans le cadre d'une étude en biomécanique [FREEMAN & KOHLES, 2010]. Cette façon de faire pourrait être envisagée dans cette étude portant sur le transfert des traces.

Prenons en guise d'exemple un impact entre deux véhicules de tourisme :

- En cas de choc violent à haute vitesse, il faut s'attendre à des déformations non négligeables sur les véhicules et donc le transfert croisé de traces est probable, voire obligatoire (traces glissées et/ou fragments en fonction de l'incidence).
- Lorsque le choc est de faible vitesse par contre, les carrosseries subissent en général de légers dégâts et les angles de déformation dans les zones de contact sont de l'ordre de 10 à 20° au maximum. Il est probable qu'un véhicule, défini comme étant un bon donneur de traces, perde des fragments de peinture lors de cet impact. Tel est le cas d'une Toyota Corolla E 110 par exemple (Graphique 30). En revanche, un véhicule tel que l'Opel Astra G, c'est-à-dire possédant un système de mise en peinture très adhérent au métal, laisserait difficilement des traces sous forme de fragments (Graphique 24).

Dans la mesure où la structure de la surface receveuse est également importante pour la détermination du transfert de traces, il va de soi que si des objets durs ou rugueux sont heurtés, le potentiel d'arrachage de peinture est accentué. Si une personne renversée porte une ceinture, un casque, un sac ou une montre, ces éléments induisent donc un meilleur transfert de traces. A noter qu'en cas de fractures ouvertes, la lésion constitue également une surface très intéressante comme support de traces. Il va de soi que si la blessure est recouverte de textile, ce dernier est également considéré comme une zone de choix pour les recherches. A ce sujet, étant donné que le travail du corps médical est prioritaire sur les recherches d'un véhicule en fuite, il arrive souvent que les indices soient perdus lors des soins d'urgence¹. Dès lors, le prélèvement des vêtements et des équipements de l'utilisateur doit être effectué en priorité.

8.4. Réflexion sur les cas pratiques

Le cinquième chapitre de ce travail permet d'avoir une vision globale des investigations menées suite à un accident de la circulation. Les différents enseignements acquis et les réflexions propres à chaque affaire ne sont pas repris dans cette discussion car ils ont été énoncés au fur et à mesure du chapitre 5 pour plus de lisibilité.

Comme ce chapitre regroupe des cas réels, les investigations ont toujours été accomplies en fonction des besoins de l'enquête. Pour cette raison, les analyses et exploitations des traces n'ont pas été effectuées au maximum des possibilités pratiques et ce, pour des raisons budgétaires principalement. En effet, en présence de témoignages fiables ou d'indices probants, certaines analyses ne s'avéraient pas nécessaires et ont été jugées inutiles par le magistrat en charge du dossier. Cet élément souligne une problématique récurrente dans le cadre des investigations en

¹ Pour autant que la victime soit encore vivante.

accidentologie. En effet, les microtraces sont souvent ignorées au profit d'un scénario de base, qui ne s'appuie ni sur les traces, ni sur leur exploitation. Sur ce point, le lecteur est invité à prendre connaissance du sous-chapitre 8.7 , qui expose une proposition de séquence d'intervention dans le domaine des accidents. Cette dernière démontre qu'il est impossible de rester figé sur un seul scénario et que ce dernier est susceptible de changer au fur et à mesure des analyses (Figure 204).

Les cas pratiques sélectionnés pour composer le corps de ce chapitre ont été choisis dans un but précis : vérifier certains aspects théoriques de cet écrit et contribuer à la validation des hypothèses de travail établies au sein du Tableau 2 . Toutefois, la manière dont les résultats doivent être exposés à la justice n'a pas été discutée jusqu'alors et mérite d'être abordée puisqu'elle est aussi vitale que les investigations elles-mêmes. En premier lieu, la transmission de l'information doit être aussi claire et précise que possible. Cette dernière doit limiter l'appréciation et éviter des sous-entendus afin que le rapport ne soit pas compris de différentes manières par les lecteurs potentiels. Pour des raisons de transparence, il est également primordial que les hypothèses de travail soient clairement définies et que les incertitudes propres aux mesures, aux calculs et aux analyses soient déclarées. Cet élément contribue à garantir l'objectivité de l'expertise. Au delà de l'aspect forensique, il est nécessaire que le cas soit présenté de manière visuelle à la justice. Dès lors, l'usage de plans, de croquis, de photos ou même de vidéos est vivement recommandé. A ce titre, le soussigné tient à mettre en garde contre les représentations en 3 dimensions des accidents. Lorsque la 3D est extrapolée d'un jeu de données en 2 dimensions, il peut arriver que la représentation ne soit pas correcte et que les hauteurs des obstacles ou les lignes de vues soient faussées. Ce biais peut se produire, notamment avec l'utilisation de PC Crash[®] en version 3D par exemple. A noter que l'utilisation de la 3^{ème} dimension suite à l'utilisation d'un outil de type scanner 3D ne pose pas de problème puisque cet outil prend des mesures sur les 3 axes et n' « invente » donc aucune donnée. Les hauteurs sont ainsi respectées.

8.5. Exploitation des informations sur les traces rencontrées

Le sixième chapitre de cette thèse est une synthèse des traces rencontrées dans le cadre d'un accident de la circulation. Il constitue un apport d'expérience sur l'ensemble du travail fourni et son but est de tendre vers l'exhaustivité. La raison d'être de ce chapitre est d'aiguiller l'investigateur puisque, comme Bertillon l'avait laissé entendre, on ne peut rechercher que ce que l'on connaît déjà (ce que l'on a déjà à l'esprit).

Avant de débiter une quelconque recherche de traces, il convient de considérer les questions qui se posent. En effet, l'historique (le contexte) de l'accident est bien souvent primordial pour l'orientation des recherches. Une discussion préliminaire avec le mandataire de l'expertise s'avère nécessaire, afin de connaître les circonstances du cas. Pour cette raison, le travail en laboratoire "

l'aveugle", c'est-à-dire sans connaissances de l'affaire doit être évité autant que possible. Cette information est importante car elle met en avant la question de la présence de spécialistes sur la scène de l'accident. En effet, le travail en commun entre les premiers intervenants et les experts apporte bien souvent une plus-value importante à l'état des lieux. Cette solution doit donc être privilégiée.

Ce sixième chapitre contient un certain nombre d'informations sur les traces, mais également sur le niveau de proposition qui leur est associé [EVETT *et al.*, 2000]. Dans la plupart des cas, les traces récoltées fournissent des informations se situant au niveau de la source. Toutefois certaines traces permettent de franchir une étape et de se prononcer au niveau de l'activité. Or, le passage du premier niveau de proposition au deuxième est fortement dépendant de l'état de la trace. En effet, une fibre fondue ou arrachée voit sa pertinence fortement augmenter. Sa présence dans un habitacle ou sur une carrosserie implique qu'elle a été déposée suite à un choc violent. De même, des fragments de verre retrouvés à l'intérieur d'une sangle enroulée signifient que la ceinture de sécurité était déroulée (utilisée) au moment où une vitre a éclaté à proximité.

Lors de l'état des lieux d'un accident, il arrive fréquemment que le nombre de prélèvements soit relativement élevé. Lorsque plusieurs traces sont collectées et exploitées, il est conseillé de combiner les différentes informations obtenues en les mettant en relation les unes par rapport aux autres. La fiabilité de la reconstruction est alors fortement renforcée. En guise d'exemple, lorsque le profil biologique d'une personne est mis en évidence sur le volant d'un véhicule accidenté, cette personne peut argumenter en mentionnant qu'elle a eu une raison légitime de conduire ce véhicule avant l'accident. Si par contre, la trace ADN est couplée à la présence de verre du pare-brise et d'amidon de l'airbag sur les habits du suspect, la probabilité de son implication dans l'accident est fortement majorée.

Finalement, les informations obtenues grâce à l'analyse des traces peuvent être intégrées dans un processus plus large. La combinaison des microtraces avec les autres spécialités appliquées aux accidents fournit en effet un résultat de grande qualité et multiplie la valeur des indices (Tableau 6). La médecine légale, par exemple, donne des renseignements précieux sur la nature de certaines lésions et permet notamment de définir le sens d'un choc lorsqu'un piéton est heurté. La combinaison entre cette information et l'exploitation des microtraces procure des conditions *sine qua non* pour la mise en œuvre d'une reconstruction cinématique complète et précise, créant ainsi un terrain propice à la résolution de l'accident dans son ensemble (8.7).

8.6. Principaux avantages de la banque de données

Le troisième objectif de ce travail concerne la mise en place d'un canevas permettant de faciliter la gestion d'un accident de la circulation. L'ensemble des informations collectées a permis de créer la banque de donnée GTA, qui remplit cet objectif et fournit une aide importante aux

investigateurs d'accidents. A noter que plusieurs corps de métiers sont concernés par l'utilisation de cette banque, bien que celle-ci ait été créée pour les premiers intervenants.

Cet outil permet d'assurer le suivi des traces saisies et de l'ensemble des démarches réalisées durant les investigations techniques. L'utilisation de cette banque de données présente l'avantage principal de la traçabilité de l'information. Elle permet à un investigateur d'obtenir des informations sur une affaire vieille de plusieurs années par exemple. Cet argument est très important puisqu'il garantit un suivi de la preuve dans le temps, tant au niveau de l'archivage des pièces séquestrées qu'au niveau des examens effectués sur ces dernières. Cette philosophie de conservation est par ailleurs une obligation, que certains magistrats (juges d'instruction et procureurs) mentionnent très clairement dans leurs ouvrages [BUHLMANN, 2009].

De plus, la banque de données a été confectionnée de manière à orienter l'utilisateur dans ses recherches et prélèvements, en fournissant des rubriques à remplir prédéfinies. Le premier avantage qui en découle est l'harmonisation des prises de notes, qui permet à chaque membre d'un groupe de consulter l'avancée des travaux dans un dossier en particulier et ce, même si l'enquêteur en charge du cas est absent¹. Deuxièmement, cette harmonisation de l'information implique que plus la banque est utilisée, plus l'utilisateur se souvient des champs qu'il devra remplir. En d'autres termes, la manipulation de la banque au quotidien apporte une plus-value quant à la formation. Cet aspect est accentué par la présence d'aides, qui contiennent de multiples renseignements théoriques.

L'aspect statistique de la banque de données constitue un autre volet très important. Lorsque cet outil est utilisé en routine, la quantité d'informations à disposition devient énorme. Dès lors, la banque présente également un potentiel pour effectuer des recherches statistiques sur le type de traces que l'on peut retrouver, en quelle quantité et sous quelle forme. Dans la mesure où chaque cas est susceptible de contenir un certain nombre d'images, des recherches sur l'aspect de certaines traces sont également possibles².

Pour conclure avec la liste des avantages que procure cette banque de données, il convient de souligner qu'elle permet un gain de temps considérable lors de la gestion d'un dossier. En effet, des modules d'impression déjà configurés permettent d'imprimer des listings, des rapports simplifiés, des étiquettes autocollantes ou encore de confectionner des cahiers photographiques, qui peuvent ensuite être transformés en documents PDF au besoin. L'aspect modulable de la banque est également à mettre en avant. Cette dernière est en effet en constante évolution puisque de nouvelles améliorations apparaissent fréquemment pour satisfaire les besoins du

¹ FileMaker Pro® permet en effet la mise en réseau des informations.

² Aucune statistique n'a été effectuée au niveau de la banque de données neuchâteloise au moment de la finalisation de ce travail. En effet, la quantité des données récoltées n'a pas encore été jugée suffisante.

groupe accident neuchâtelois. Ce dernier point ne doit pas être considéré comme une source d'instabilité de l'outil. Au contraire, cela montre son grand potentiel d'adaptation.

8.7. Discussion globale

Le deuxième objectif de cette thèse concerne la mise en évidence de la complémentarité des aspects "traces" et "dynamique" (Tableau 4). Grâce aux différents exemples recueillis, ce travail a permis de démontrer que ces deux domaines étaient non seulement complémentaires, mais qu'il existait une réelle synergie entre eux. Avant de poursuivre la réflexion, il convient de définir ces deux termes proches, mais néanmoins différents :

- Définition de la complémentarité [Site WEB 9] : la complémentarité est la propriété de ce qui est complémentaire, donc de ce qui complète.
- Définition de la synergie [Site WEB 7] : la synergie est un effet positif de complémentarité dans une organisation. La synergie est communément de nos jours un phénomène par lequel plusieurs facteurs ou influences agissant ensemble créent un effet plus grand que la somme des effets attendus s'ils avaient opéré indépendamment, ou créent un effet que chacun d'entre eux n'aurait pas créé isolément.

Les définitions énoncées ci-dessus sont très parlantes. Elles signifient que la synergie, contrairement à la complémentarité, est belle et bien une plus-value apportée à la mise en commun de deux éléments. Ainsi, les analyses en microtraces permettent aux experts en reconstruction cinématique d'avoir plus de finesse sur les configurations de chocs et donc de gagner en précision dans leurs calculs. Elles permettent également de corroborer ou d'exclure certaines hypothèses quant au déroulement de l'accident.

Compte tenu de cette information, la récolte et l'analyse des microtraces doit se situer en amont des calculs de reconstruction cinématique. Ce n'est en effet qu'après l'exploitation des traces qu'il est envisageable pour le dynamiqueur de poser un jeu d'hypothèses fiables, puis de fixer les équations permettant de résoudre le cas. A ce stade, la problématique est considérée comme résolue puisque l'étape la plus délicate de l'analyse en accident est terminée. La séquence ci-dessous reprend le schéma principal d'une investigation dans le domaine des accidents (Figure 204). Il est très intéressant de constater la similitude avec les étapes de la méthode de l'investigation criminelle [MARGOT & LENNARD, 1991].

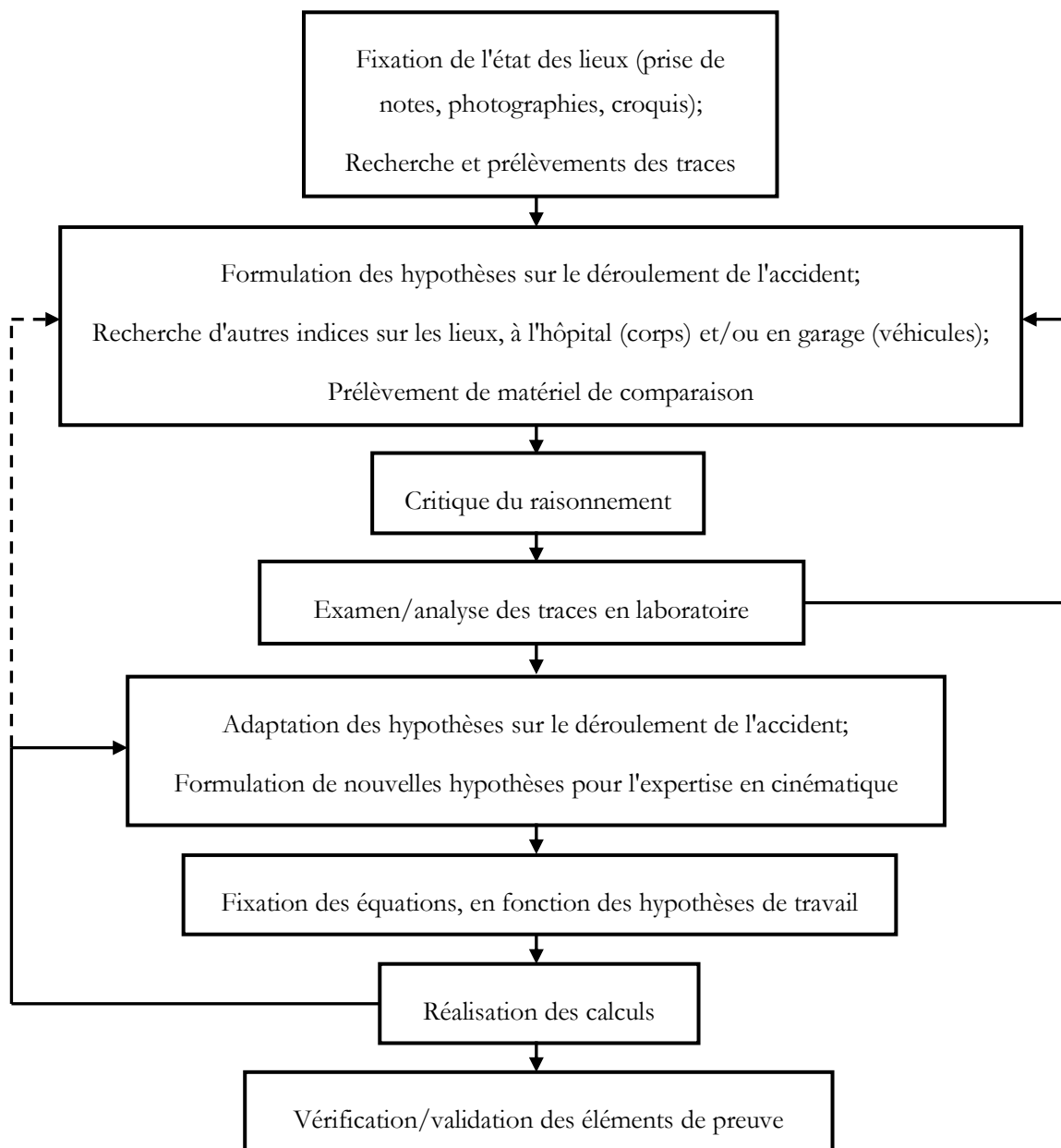


Figure 204 : Les étapes de l'analyse d'un accident. Schéma inspiré d'une publication de MARGOT et LENNARD (1991).

8.7.1. Règles de procédure à appliquer

Les différentes réflexions menées au cours de ce travail ont permis de mettre sur pied certaines règles de procédure, propres aux investigations d'accidents. Il va de soi que les contraintes sont différentes s'il s'agit de travailler à l'intérieur d'un véhicule, à l'extérieur de ce dernier, sur un corps ou sur la chaussée. Les zones de prélèvements sont multiples et il convient de toujours les

considérer dans leur ensemble [FILLON, 2000]. Les prochains paragraphes de cette discussion exposent cette problématique et mettent en avant certaines solutions et propositions de travail.

Avant toute chose, quelques indications qui concernent la recherche et le prélèvement des traces sur un véhicule ou un obstacle peuvent être définies :

1. Prendre en considération le contexte de l'événement pour orienter les recherches ;
2. Répertorier et photographier les zones présentant des dommages ou des déformations ;
3. Rechercher les traces de manière ciblée, dans les zones de contact définies au point 2 ;
4. Décrire les traces, leur morphologie, leur position et leur hauteur ;
5. Photographier les traces avec une règle disposée verticalement depuis le sol ;
6. Prélever les traces de manière adéquate, en prenant garde aux contaminations et en suivant les indications du Tableau 17 .

Les investigations à l'intérieur d'un véhicule (V_{int}) et sur sa carrosserie (V_{ext}) se pratiquent quelquefois immédiatement sur les lieux. Cependant, cet état de fait peut poser problème dans les situations suivantes en particulier [BRUCE, 1960] :

- Mauvaise luminosité en extérieur ;
- Contraintes de temps relativement importantes sur les lieux (nécessité de rouvrir la route au trafic, pressions diverses) ;
- Conditions météorologiques mauvaises (pluie, neige, grand froid, ...) ;
- Présence trop importante de « curieux » ;
- Situation ou déroulement de l'accident pas clair.

En présence de telles contraintes, il est conseillé de transporter le véhicule dans un garage afin d'y effectuer les recherches plus aisément et dans de meilleures conditions de travail. Afin d'éviter au maximum les contaminations, il est primordial de ne pas s'asseoir au volant et de mettre des gants pour manipuler le levier de vitesse et le frein à main si nécessaire. Par ailleurs, le transport des véhicules en garage doit être fait par des spécialistes du dépannage, au besoin via un camion prévu à cet effet.

En ce qui concerne l'état des lieux effectué sur le sol et les obstacles (E), la tâche est très vaste. Le temps nécessaire à l'accomplissement de cette tâche peut prendre plusieurs heures voire plusieurs jours dans les cas les plus complexes¹. Les indices matériels utiles à l'enquête ne se situent pas

¹ A noter que la complexité d'un cas n'est pas forcément proportionnelle à la gravité de ce dernier.

uniquement aux alentours des points d'impact et d'immobilisation des véhicules. Dans certains cas, des éléments faisant partie intégrante de l'accident sont propulsés à plusieurs centaines de mètres à la suite d'un choc violent¹. De même, il est primordial de noter tout élément ayant trait à la topographie et aux lignes de visibilité des protagonistes.

Dans le même ordre d'idée, le fait de remonter le long de la route afin de parcourir les quelques derniers mètres/kilomètres parcourus par les protagonistes apparaît comme un passage obligatoire. Plus la vitesse atteinte par les véhicules avant le choc est élevée, plus la distance à parcourir dans le trajet inverse par l'investigateur est grande.

Compte tenu des éléments susmentionnés, le travail découlant de la fixation de l'état des lieux d'un accident de la circulation à haute vitesse est souvent très conséquent. Un cas a été choisi pour démontrer l'importance de cette recherche de traces :

Exposé des faits :

- Un accident se produit lors d'un fort ralentissement sur l'autoroute ;
- L'occupant du véhicule en queue de file ne réussit pas à s'arrêter à temps et heurte l'automobile se trouvant devant lui. Les deux conducteurs sont gravement blessés ;
- La police effectue un constat et rend son rapport ;
- Deux semaines plus tard, un membre de la famille du conducteur « fautif » devenu invalide, apprend qu'une grande quantité d'huile a été déversée le même jour que l'accident, environ 500 m avant le choc. Il s'aperçoit que cette information n'est pas parvenue aux oreilles des investigateurs ayant effectué le constat ;
- Un doute est donc émis quant au rapport causal entre le liquide visqueux présent sur la chaussée et une éventuelle réduction de la capacité de freinage du véhicule « fautif » ;
- Le rapport de police est donc contesté et l'affaire se complique fortement.

Dans le cas exposé ci-dessus, une expertise peut être demandée ultérieurement pour démontrer si oui ou non, la présence de ce liquide a pu influencer le freinage du véhicule fautif. Malheureusement, toute trace non prélevée peut très souvent être considérée comme perdue. Le prélèvement de cette substance deux semaines après l'incident sur l'autoroute est donc grandement entravé, si ce n'est impossible : trafic intense, contaminations, nettoyages, intempéries.

¹ Il est donc nécessaire d'étendre le champ de recherche aux pourtours de la route (champs, herbe, graviers, roches, étendues d'eau, ...).

« Dans l'enquête criminelle, le temps qui passe c'est la vérité qui s'enfuit » [LOCARD, 1934]

Outre la problématique de la durée d'intervention, la recherche de traces sur l'environnement de l'accident pose problème dans la mesure où l'investigateur se retrouve souvent face à un bruit de fond non négligeable. Dans ce cas, aucun tri préliminaire ne doit être effectué dans le doute lors de l'état des lieux. Une trace issue ou non de l'accident mais qui laisse un doute est donc prélevée car le tri ne s'effectue qu'après examen en laboratoire. L'origine de cette trace peut tout à fait provenir d'un choc avec un obstacle quelques instants avant la collision finale par exemple. Dans le même ordre d'idée, une trace de freinage d'origine indéterminée peut également avoir été laissée par un véhicule tiers non identifié, mais impliqué dans l'accident.

Les recherches de traces sur une personne (H) introduisent des problèmes de gestion souvent plus délicats à résoudre. Contrairement au reste des traces que l'on conserve facilement grâce à un gel complet de la scène de l'accident, les éléments matériels présents sur une personne et sur ses habits sont sujets à d'importants risques de perte ou de modification.

Il existe donc un certain nombre de règles de conditionnement qu'un intervenant est tenu de suivre pour le recueil des indices présents sur un blessé :

- Assurer le suivi de l'état de santé de la personne ;
- Assurer une saisie rapide des éléments indiciaries ;
- Prélever l'ensemble des habits de la victime, y compris le casque s'il s'agit d'un cycliste ou d'un motard ;
- Conditionner chaque prélèvement dans un emballage différent, même s'ils ont été prélevés sur une seule et unique personne.

Bien qu'elle soit légitime, l'action des intervenants du milieu médical modifie considérablement les traces présentes sur une victime. Lors d'un transport en urgence à l'hôpital, ses habits souvent souillés et ensanglantés, sont considérés comme des sources potentielles de contamination et sont donc jetés. Pour éviter cela, il existe plusieurs solutions difficiles qui nécessitent toutes la mise en œuvre de moyens non négligeables. La première est de sensibiliser les urgentistes et ambulanciers sur la problématique de la sauvegarde des traces. Cette solution est bonne, bien qu'étant très onéreuse en terme de temps¹. Elle peut néanmoins s'avérer insuffisante car il est normal que sous le stress d'une intervention médicale, certains indices puissent être mal conditionnés, voire directement détruits. Il est également possible d'envoyer une personne formée à l'hôpital afin

¹ Il est difficilement concevable de former l'ensemble des personnes du milieu médical à la sauvegarde des traces.

qu'elle puisse procéder à la saisie convenable des habits de la victime. Cette solution est meilleure car elle permet également le recueil rapide d'informations sur les premières lésions constatées par les médecins¹. A noter que les recherches de traces sur une personne doivent impérativement être effectuées dans les cas suivants :

- La personne a été déplacée à l'intérieur du véhicule voire éjectée de ce dernier. La question consiste à définir quelle place elle occupait à bord de l'habitacle avant le choc : conducteur ou passager ?
- Aucune information n'est disponible quant au port des ceintures de sécurité. Il est important de déterminer si ces dernières étaient attachées au moment de l'accident ;
- Une victime a été heurtée par un véhicule qui a pris la fuite immédiatement après les faits. Un doute subsiste quant à l'identité du véhicule qui a engendré la collision.

A relever finalement qu'une coopération très proche avec les médecins légistes peut amener des informations extrêmement pertinentes pour la résolution de bons nombres de cas. Elle est donc absolument nécessaire.

Étant donné le caractère multidisciplinaire de l'analyse d'accidents, il arrive que la personne chargée d'effectuer l'état des lieux ait à transmettre ses prélèvements, photographies et croquis à quelqu'un d'autre pour la suite des travaux (pour autant que le spécialiste ne soit pas présent sur place). Cette situation est fréquente lorsqu'une reconstruction cinématique ou une analyse dans le domaine des microtraces est demandée à posteriori. En effet, il est rare qu'une personne possède toutes les connaissances requises à l'accomplissement de l'ensemble de ces tâches. Le travail de recherche et de prélèvement sur les lieux est la base d'une pyramide qui mènera, à terme, à la conviction d'un juge. Si l'état des lieux est effectué de manière incomplète, la durée et la difficulté des expertises ultérieures seront majorées drastiquement et sans proportion avec le temps économisé sur le terrain² [MARTIN *et al*, 2010].

Dans la mesure où le concept principal de cette recherche concerne l'optimisation du travail des premiers intervenants sur les lieux (Tableau 1), ce ne sont donc pas les techniques de laboratoire qui ont fait l'objet de réflexions, mais bien les techniques de recherche et de prélèvement des traces lors de l'état des lieux. Le Tableau 17 met en avant les différentes possibilités de prélèvements d'une trace glissée ainsi que les avantages et inconvénients qui en découlent.

¹ Les lésions constatées sont importantes car elles orientent les recherches et/ou corroborent certaines hypothèses, notamment en ce qui concerne le port de la ceinture de sécurité. Il arrive toutefois que cette prise d'information pose problème pour des questions de secrets de fonction.

² Tout ce qui n'est pas prélevé sur les lieux peut être considéré comme perdu.

Type de prélèvement	Observations macro/microscopiques	Analyses FTIR / RAMAN	Remarques
Adhésif « police »	+	+ / -	Facilités d'observation au microscope (plat et transparent) Contamination de la trace avec la colle du scotch
Grattage	-	+ / -	Destruction de la texture de la trace Mélange du support et de la trace (tri nécessaire)
Détachement à l'aide de brucelles (ou frottement délicat)	+ / -	+	Légère modification de la texture de la trace Excellentes possibilités d'analyse (pas ou peu de contamination)
Prélèvement de la trace avec le support	+	+	Méthode de choix

Tableau 17 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de prélèvements.

Le Tableau 17 met en avant les avantages et les contraintes posées par certains modes de prélèvements. Toutefois, chacune des quatre méthodes proposées mérite un commentaire supplémentaire, vu qu'elle doit être appliquée de manière correcte. Premièrement, l'utilisation d'un adhésif n'est possible qu'en cas d'utilisation de la marque « police » ou d'une marque de qualité similaire. Il est en effet important que l'adhésif ne contienne pas trop de colle pour que cette dernière soit facilement séparable de la trace en cas d'analyse. Par ailleurs, il est très utile que la composition du ruban soit connue en cas de non-séparation des deux matériaux. Par la suite, l'adhésif doit être collé sur la trace et il est conseillé d'appliquer une force importante sur la surface de ce dernier avec l'ongle par exemple¹. Finalement, le collage s'effectue sur une feuille plastique transparente (acétate par exemple). L'application d'un adhésif sur une surface en papier

¹ Cette manière de faire garantit un transfert maximal entre la trace et l'adhésif. A noter toutefois que cette technique n'est conseillée que pour les traces glissées. En effet, concernant les fibres déposées sur un siège, une pression faible est privilégiée dans la mesure où ce sont les fibres de contact, généralement en surface, qui sont intéressantes.

est en effet exclue et le pliage du ruban sur lui-même est déconseillé pour deux raisons principales :

- La quantité de colle entourant le spécimen est doublée ;
- Une fois que le ruban est collé sur lui-même, il est impossible de déterminer quelle face a été appliquée contre la carrosserie. Cet élément complique l'interprétation des résultats puisqu'une confusion peut alors apparaître entre la trace et le support.

Concernant le grattage de la trace, il est important que les outils utilisés soient d'une propreté irréprochable. De plus, l'investigateur doit tenter de détacher les fragments les plus gros possibles afin de simplifier les étapes d'exploitations ultérieures.

Au sujet du détachement de la trace à l'aide de brucelles, cette technique est excellente pour le prélèvement des matières plastiques fondues. Ces dernières se détachent en effet facilement et le support n'est pas prélevé. En cas d'impossibilités pratiques (adhérence trop forte), un frottement délicat de la trace glissée est effectué (en deuxième choix par rapport à la brucelle). La technique consiste simplement à exercer une pression sur la trace avec le doigt¹ par exemple. Il est alors possible d'amasser la matière indicielle en une petite boule et de la prélever sans la contaminer avec le support.

Finalement, le Tableau 17 désigne le prélèvement de la trace avec son support comme technique de choix. Cette technique permet en effet le prélèvement de la trace sans en modifier la texture et assure la collecte d'un prélèvement de comparaison, qu'il convient de ne jamais négliger². Toutefois, cette technique induit tout de même un problème de destruction du support et une autorisation est souvent nécessaire. De plus, si la carrosserie est découpée (impossibilité de détacher le revêtement du support), il est important de s'assurer que les capacités d'entreposage du service sont suffisantes.

8.7.2. Les fuites en cas d'accidents

Au terme de cette réflexion sur les techniques de prélèvement, il convient d'aborder les fuites suite à des accidents (sous-chapitre 2.4), qui constituent un des problèmes les plus importants à résoudre en cas d'accidents. Les chiffres du Graphique 4 et du Graphique 5 sont éloquentes : les violations de devoirs en Suisse ne sont pas négligeables. En raison du nombre élevé de ces abus et de leur gravité, il y a une réelle nécessité à exploiter en continu les traces permettant d'apporter un éclairage sur les différentes affaires. L'optimisation de l'investigation de routine est donc jugée

¹ Utilisation de gants propres

² Les prélèvements de comparaison doivent en effet être réalisés en nombres suffisants et dans les zones de contact.

primordiale dans la mesure où le traitement d'affaires de moindre importance permet d'acquérir l'expérience nécessaire au succès en cas d'affaires graves et complexes.

La séquence établie ci-dessous concerne des débris¹ retrouvés sur les lieux et émane des différentes réflexions menées sur le sujet. Elle s'inspire fortement des possibilités théoriques et pratiques apprises au sein du groupe microtraces de l'IPS, dirigé par Madame la Professeure Massonnet.

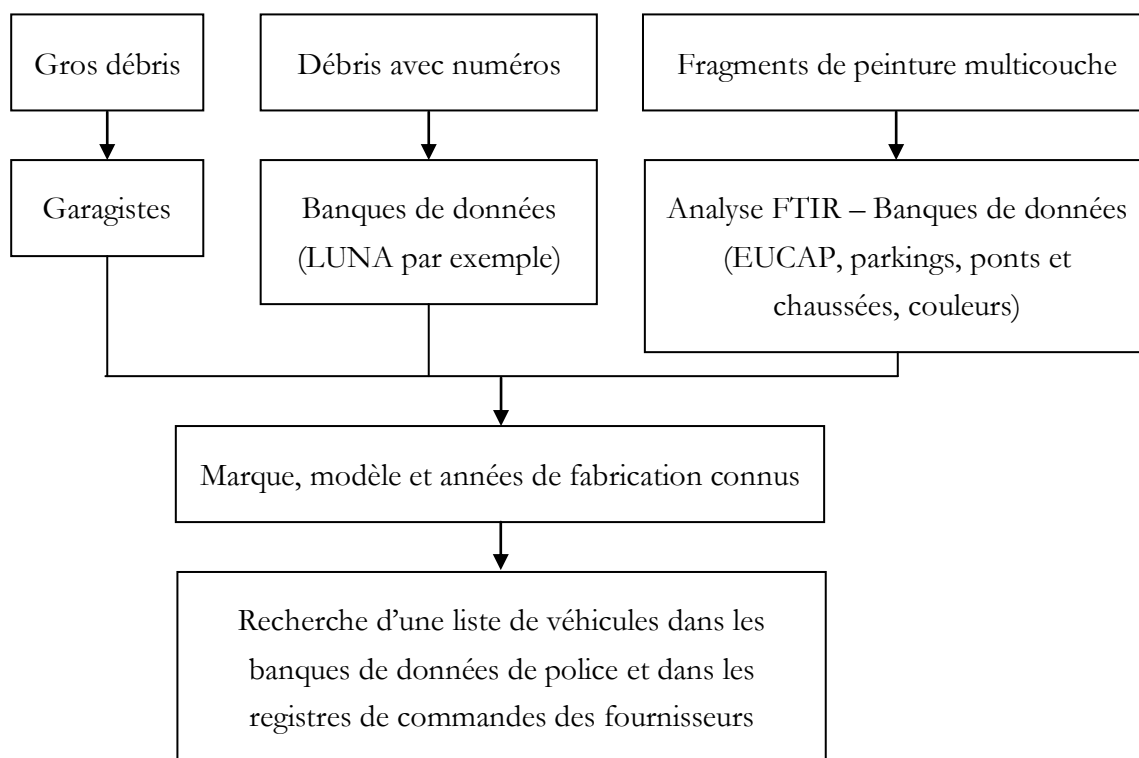


Tableau 18 : Séquence d'intervention en cas de fuite.

En substance, le Tableau 18 permet d'exploiter un certain nombre de possibilités en fonction du type de traces retrouvées sur les lieux. Ce tableau met également en avant la nécessité de collaboration entre les différents corps de métiers (garagistes, fournisseurs automobiles, policiers et spécialistes en laboratoire). Seule une telle collaboration permet d'investiguer efficacement les délits de fuites, quel que soit le type de traces retrouvées. En ce qui concerne les gros débris, qu'ils contiennent ou non des numéros, les personnes travaillant dans le monde de la réparation depuis un certain nombre d'années sont souvent confrontées à ce type d'objets et ont donc une expérience importante lorsqu'il s'agit de reconnaître le véhicule à l'origine de la pièce. Les objets numérotés quant à eux sont plus délicats à traiter et nécessitent souvent l'utilisation d'une banque de données adéquate. Une telle banque est présente au sein du BKA ou de l'IRCGN par

¹ Verre, plastique, etc.

exemple. Ces deux organismes mettent par ailleurs gratuitement leurs compétences à disposition des polices en cas de besoin. Finalement, lorsqu'un fragment de peinture multicouche est retrouvé, une séquence analytique, actuellement préconisée par l'ENFSI, existe et permet de retrouver une liste de marques et modèles correspondant au fragment indiciaire, quant à sa composition et sa couleur.

Une fois que le type de véhicule en fuite est connu¹, la phase finale consiste à rechercher une liste de propriétaires de ce type de véhicules à partir des banques de données policières ou administratives². Les propriétaires dont les adresses se situent aux alentours du lieu du délit de fuite sont bien entendu contactés en premier. Lorsque le délai entre les faits et les investigations est court, il est probable que l'auteur n'ait pas eu le temps d'effectuer les réparations nécessaires à son véhicule. Lorsque la marque et le modèle du véhicule en fuite sont déterminés avec précision et que les investigations permettent de cibler la zone endommagée sur la carrosserie, il est également envisageable de contacter les fournisseurs de la marque en question afin de savoir si une telle pièce a été commandée et par qui.

8.7.3. Situation en Suisse

La mise en place des liens interprofessionnels abordés ci-dessus nécessite la création d'un service structuré et dont les compétences techniques sont suffisantes pour procéder aux investigations nécessaires. Le sondage pratiqué au sein du sous-chapitre 2.5 permet de mettre en évidence une forte hétérogénéité dans les méthodes d'investigation en Suisse. Les réponses détaillées du sondage sont exposées au sein de l'Annexe 2 et mettent en évidence un clivage dans les esprits entre l'accidentologie et les sciences forensiques. Au terme de ce travail de thèse, il apparaît pourtant clairement que ce clivage n'a pas lieu d'être et qu'il convient d'harmoniser les moyens permettant d'investiguer les accidents graves ou complexes. La mise en place d'une telle structure a été évaluée, notamment lors de la participation du soussigné aux divers groupes de travail en vue de mettre en place l'actuel Groupe Technique Accident neuchâtelois (GTA). Le schéma exposé au sein du Tableau 19 met en évidence les modalités d'intervention d'un tel groupe pour le canton de Neuchâtel. Ce schéma expose le fait que le GTA neuchâtelois intervient sur des accidents graves ou complexes, mais également sur tous types d'accidents impliquant un véhicule de service, pour assurer une plus grande impartialité.

¹ A noter que certains témoignages peuvent également faciliter la tâche des investigateurs.

² La banque Trafic pour le canton de Neuchâtel par exemple.

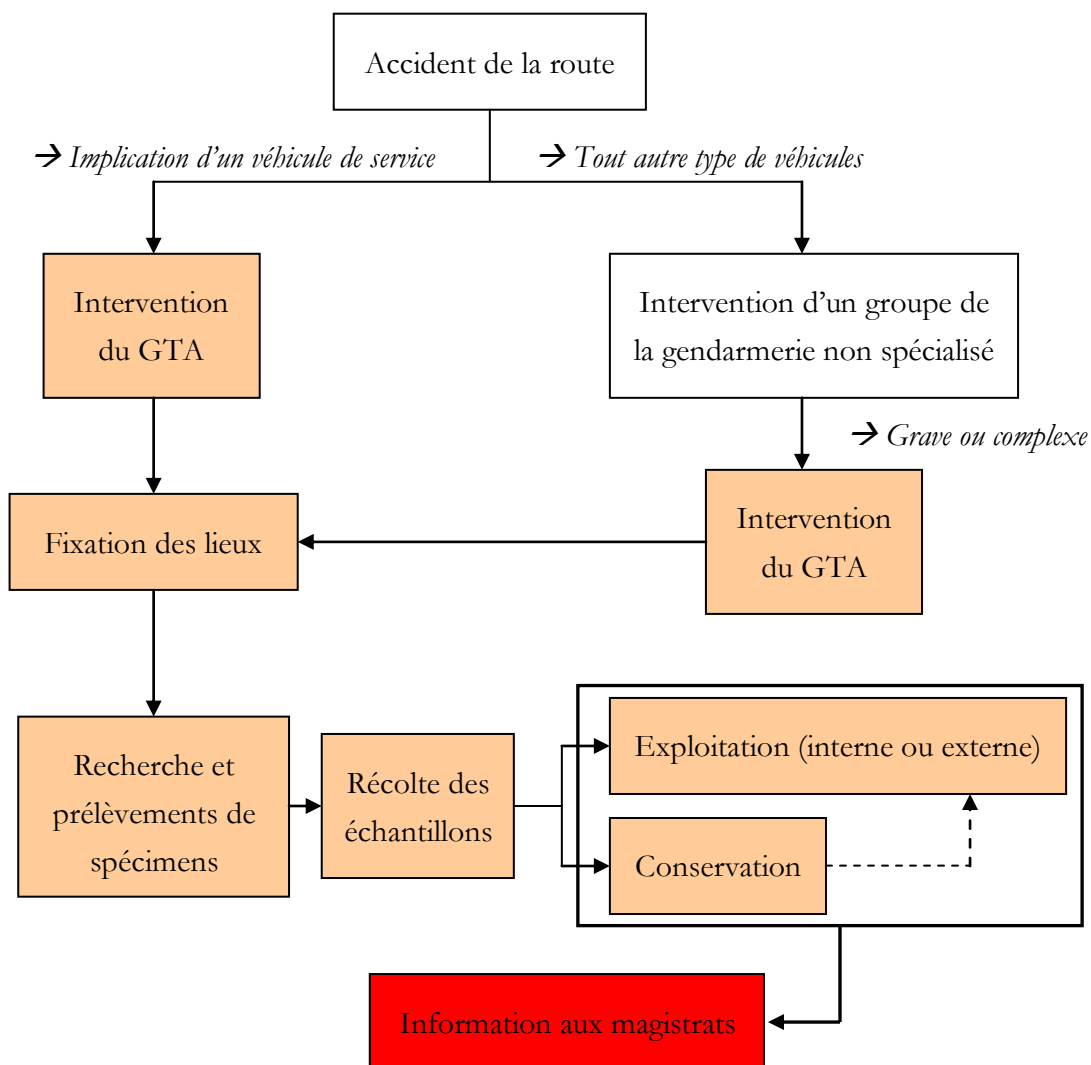


Tableau 19 : Modalités d'intervention du GTA neuchâtois.

Le matériel nécessaire à un tel groupe, ainsi que sa formation ont été étudiés dans la mesure où cette problématique découle du premier objectif de cette thèse (Tableau 3). Le fruit de ces réflexions a permis de mettre en évidence des priorités, notamment en termes de formation et de matériel. L'exemple fourni ci-dessous est la solution qui a été choisie pour le canton de Neuchâtel et son nouveau groupe de spécialistes des accidents. Ces points font partie des priorités d'apprentissage, sans compter les domaines de la gendarmerie qui ne concernent pas à proprement parlé les sciences forensiques :

- Photographie théorique et pratique : Ce module de formation comprend le fonctionnement des appareils photographiques et les techniques de base pour effectuer des clichés de tout type sur les lieux, sur des véhicules ou sur des corps ;

- État des lieux : Les principaux éléments de cette formation émanent du Chapitre 2 de cette thèse ainsi que des différents ouvrages sur l'état des lieux en général [MARTIN *et al*, 2010] ;
- Traitement des images numériques : Cette étape concerne le programme Adobe Photoshop[®] en particulier et comprend la confection de dossiers photographiques ;
- Introduction aux microtraces ;
- Formation sur la banque de données du groupe : Pour la Police Neuchâteloise, c'est le fonctionnement de la banque de données GTA, créée au cours de ce travail de thèse, qui a été enseigné (Chapitre 7) ;
- Description détaillée des traces et des méthodes de recherche et de prélèvement : Cette partie de l'apprentissage concerne principalement le Chapitre 6 ;
- Formation sur les délits de fuite et les escroqueries à l'assurance : Les délits de fuite sont traités tout au long de ce travail et la séquence d'intervention est reprise au sein du Tableau 18 . Les escroqueries à l'assurance concernent principalement le Chapitre 3 ;
- Introduction aux méthodes mathématiques de reconstruction cinématique : Tout comme pour l'état des lieux, l'introduction théorique de cette thèse a fait office de base pour ce volet de l'apprentissage.

Compte tenu de la complexité des domaines susmentionnés et face à l'importance de la tâche de l'enseignant, il apparaît comme extrêmement difficile d'envisager une formation de courte durée. De plus, il est peu probable qu'une seule personne puisse posséder l'ensemble des connaissances requises pour le traitement d'un cas d'accidentologie dans son entier. Les expériences menées dans ce travail et la complexité des paramètres à prendre en compte soulignent par ailleurs cet état de fait. L'humilité ainsi que la recherche de collaboration avec autrui demeureront donc toujours des atouts de taille dont nous ne pourrions pas nous passer.

Cette remarque soulève la problématique suivante : quelle limite donner à un groupe technique d'analyse en accident ? La réponse à cette question dépend bien entendu du niveau de compétence des membres de ce groupe. Dans tous les cas et pour s'assurer du bon fonctionnement des investigations, les membres d'un tel groupe doivent être conscients de leurs limites et doivent connaître suffisamment de contacts pour savoir vers qui se tourner lorsqu'une affaire dépasse leurs compétences.

En fonction de la diversité des traces retrouvées et des contraintes subies dans la pratique lors de la collecte d'informations, il est également possible de se prononcer sur un type d'équipement particulièrement adapté à l'exercice de cette tâche. La liste du matériel acquis (ou en cours

d'acquisition) par le GTA neuchâtelois est exposée dans l'Annexe 7. Le matériel global de fonctionnement du groupe ainsi que la valise de prélèvement des microtraces y sont décrits¹.



Figure 205 : Vue générale du matériel du GTA neuchâtelois ainsi que de la valise microtraces².

8.8. Recherches futures

Le canevas principal de cette recherche cible principalement la réunion de deux grands domaines propres à l'analyse d'accidents, en portant l'accent sur l'étude des traces. Cette réflexion ouvre la voie à de nouvelles études visant à vérifier la complémentarité entre d'autres grands domaines des sciences forensiques. Comme le montrent les résultats de ce travail, la mise en évidence de cette complémentarité conduit bien souvent vers de réelles synergies. Pour parvenir à cet objectif, l'auteur de cette recherche préconise la création de groupes de travail mixtes, permettant de mettre en place une réflexion et une collaboration efficaces entre les corps de métier.

Ce travail démontre combien il est difficile de mener des expériences sur le transfert des traces. Bien que les résultats obtenus dans le quatrième chapitre n'aient pas été jugés suffisants pour tirer des tendances fiables, ils ont permis de soulever la problématique en testant certains paramètres. Ils ont ainsi démontré le besoin en termes de recherche fondamentale sur le transfert, qui constitue de nos jours la principale zone d'ombre dans le domaine de l'analyse d'accidents. Dans le même ordre d'idée, il est également primordial de mener de plus amples recherches sur la

¹ Le matériel informatique n'est toutefois pas rappelé ici.

² Confection par M Hans. Aebersold de l'entreprise Poltec à Neuchâtel.

persistance des traces transférées. Cette variable n'a pas pu être étudiée dans cette recherche car il s'agit d'un sujet très complexe, qui nécessite des années d'études à lui seul. La connaissance de ces deux paramètres permettrait de résoudre des questions vitales qui sont actuellement difficilement solubles, telle que la signification d'une absence de trace sur une surface. Est-ce l'indication d'une absence de transfert ou d'une absence de contact ?

Les résultats portant sur l'étude morphologique des traces réalisée au sein du troisième chapitre ouvrent également la porte à d'autres recherches dans le domaine. D'une part, ils mettent en avant le manque de banques de données ainsi que leur aspect lacunaire et d'autre part, ils démontrent que d'autres investigations sont nécessaires pour cerner la problématique qui englobe la question de l'identification de l'origine d'une trace inconnue. Ainsi, les prélèvements de source non-automobile pourraient être étendus à d'autres cantons. De même, il serait très intéressant d'alimenter les banques de données FTIR avec des prélèvements de rue. Finalement, des tests à l'aveugle devraient être envisagés pour corroborer les résultats de ce chapitre.

Bien que cette recherche ait été définie de manière à traiter la problématique des accidents de la circulation routière, aucune barrière n'a été posée quant à une utilisation plus large de l'aboutissement de ce travail. Il est reconnu que l'état des lieux des accidents de trains, d'avions, ou de bateaux sont relativement proches des accidents routiers en ce qui concerne l'état des lieux. Il n'est donc pas exclu d'étendre le champ d'application de certaines méthodes de travail à ces domaines.

9. CONCLUSION

Le fondement de cette étude vise à regrouper l'exploitation des microtraces et à la combiner à la reconstruction cinématique au sein d'un même ouvrage. La vision opérationnelle est dédiée à l'usage des premiers intervenants. Pour remplir cette mission, trois objectifs ont été fixés lors de la création du projet de recherche, soit :

- Premier objectif : évaluation et optimisation des techniques de recherche et de prélèvement des traces ;
- Deuxième objectif : mise en évidence de la complémentarité des aspects "traces" et "dynamique" ;
- Troisième objectif : création d'un canevas pour les premiers intervenants.

Afin d'atteindre le premier objectif, des recherches ont tout d'abord été menées pour tenter de mieux comprendre les paramètres influençant le transfert des traces. En parallèle, une réflexion importante a été réalisée sur la diversité des traces rencontrées au cours d'une investigation, les zones où elles sont retrouvées et leur pertinence. Le deuxième objectif, quant à lui, a été mené à terme en étudiant la complémentarité des microtraces et de la reconstruction dynamique en vue de déterminer l'origine d'une trace inconnue. Les résultats de cette étude ont permis non seulement de prouver la complémentarité des deux domaines, mais également de démontrer qu'il existe une réelle synergie entre eux. Ces observations ont été vérifiées par les enseignements tirés de cas pratiques. Finalement, le dernier objectif de ce travail a été atteint par la création d'une banque de données permettant d'assurer la traçabilité, la gestion et l'exploitation de l'information. La portée de cet outil, achevé grâce à l'ensemble des informations récoltées dans ce travail, dépasse largement les objectifs fixés. En effet, cette banque ne fait pas uniquement office de canevas, mais constitue véritablement un outil de gestion des traces à part entière.

Ayant mené à terme les trois objectifs fixés dans le cadre du projet de recherche, tout en respectant le concept pratique et opérationnel à l'usage des premiers intervenants, cette étude sur l'exploitation des traces permet de vérifier les trois postulats, mentionnés au sein du Tableau 2 .

En substance, cette recherche démontre que :

- **Un relevé des traces optimisé permet d'apporter une information utile aux investigations dans le domaine des accidents de la circulation ;**

- L'information "trace" complète les données cinématiques ;
- L'amélioration de la précision lors de la détermination des configurations de chocs aide à la reconstruction de l'accident.

La validation de ces hypothèses ne présente pas à proprement dit une innovation d'un point de vue scientifique et technique, mais plutôt d'un point de vue pédagogique et criminalistique. La plus-value de ces résultats réside dans la mise en évidence d'une synergie importante entre deux grands domaines des sciences forensiques qui sont rarement combinés. De plus, en démontrant que l'approche d'une scène d'accident se traite de la même manière qu'une scène de crime, ces résultats permettent de prouver que l'analyse des accidents de la circulation possède une place légitime au sein des sciences forensiques en général, au même titre que les incendies par exemple.

La réalisation de ce travail amène également de multiples bénéfiques pratiques. Le plus important réside dans la contribution à la création d'un groupe neuchâtelois spécialisé dans les accidents, au sein duquel la banque de données GTA a été implantée. Cependant, l'aspect éducatif de cette thèse, la création de séquences d'exams sur l'origine des spécimens inconnus et la mise en place d'applications pratiques pour la détection et l'exploitation des traces constituent également une avancée importante dans le domaine. Les expériences menées sur la question du transfert des traces ont permis de mieux comprendre certains paramètres englobant le principe du transfert de Locard. Toutefois, les résultats de cette étude ont également montré que les questions relatives au transfert et à la persistance doivent encore faire l'objet d'importantes recherches fondamentales. Ces paramètres constituent en effet aujourd'hui la principale zone d'ombre, dans l'analyse des accidents. Dans le même ordre d'idée, ce travail a permis de soulever la question de la collaboration entre d'autres grands domaines des sciences forensiques dans le futur. Cette réflexion ouvre la voie à la recherche de nouvelles synergies dans le but d'assurer une meilleure gestion des affaires à venir.

Au terme de cette recherche, l'importance des microtraces dans le processus global de l'analyse d'accidents ne fait plus de doute. Il a été démontré que l'exploitation des traces est primordiale, tant en procédure pénale, que dans la procédure civile car la clarification des faits permet également de protéger les victimes et leurs intérêts. Les conséquences pour les personnes impliquées peuvent en effet être très graves et il est de notre devoir de s'assurer que la réparation des dommages se base sur les informations les plus précises possibles.

Il convient finalement de rappeler que la systématique d'intervention est primordiale dans le domaine des accidents. Seul le travail au quotidien permet la mise en place de certains réflexes et d'une réelle expérience sur les traces et leur exploitation. Cette systématique permet de détecter les lacunes d'un service et permet de gagner un temps précieux le jour où les compétences de ce service seront mises à rude épreuve. Ces atouts sont des conditions *sine qua non* pour permettre de

conclure certains dossiers très délicats, tels que d'importants délits de fuite ainsi que des suicides ou des homicides dissimulés en accidents de la circulation.

10. BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie présentée ci-dessous contient un nombre important de vieilles références clefs dans le domaine des accidents. La plupart de ces manuels sont encore considérés comme des bibles par les spécialistes en 2010. Bien que d'autres recherches bibliographiques aient été menées récemment, peu d'entre elles se sont révélées réellement innovatrices dans le domaine.

Ecrits :

- **Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM).** Abbreviated Injury Scale. Traduction française, 1990.
- **Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM).** Abbreviated Impairment Scale. Traduction française, 1994.
- **Automobil Club der Schweiz (ACS).** Untersuchung von Anti-Blockier-Bremssystemen in Personenwagen, Bern, 1987.
- **Baker J.** Traffic-Accident Investigation Manual. Northwestern University Traffic Institute. Evanston (USA), 1985.
- **Bäumler V H (a).** Reaktionszeiten im Strassenverkehr, Teil 1. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2007, 11 : 300-307.
- **Bäumler V H (b).** Reaktionszeiten im Strassenverkehr, Teil 2. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2007, 12 : 334-340.
- **Bäumler V H.** Reaktionszeiten im Strassenverkehr, Teil 3. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2008, 1 : 22-27.
- **Berger N.** Analyse RAMAN *in situ* de traces de contact (peintures aérosol, rouges à lèvres). Séminaire de 4^{ème} année. Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2004.
- **Biedermann A.** Étude de population des verres présents par hasard dans des véhicules. Séminaire de 3^{ème} année. Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2001.
- **Braun H.** Splitterwurfweiten eine Experimentelle Untersuchung. *Der Verkehrs Unfall* 1980. 2 : 37-43.
- **Bready J, Nordhagen R & Kent R.** Seat Belt Survey : Identification and Assessment of Noncollision Markings. International Congress and Exposition. Detroit, 1999.

- **Bready J, Nordhagen R, Kent R & Jakstis M.** Characteristics of Seat Belt Restraint System Markings. SAE 2000 World Congress. Detroit, 2000.
- **Bruce A.** Police Action at the Scene of a Traffic Accident. Symposium of the Forensic Science Society, London, 1960.
- **Buck U.** L'autopsie virtuelle dans le cadre des accidents de la route. *Journal Criminalistique Suisse* 2009, 8 : 15-16.
- **Bühlmann P.** Expériences forensiques avec l'état des lieux lors de délits en matière de circulation routière. *Journal Criminalistique Suisse* 2009, 8 : 7-8.
- **BPA (Bureau suisse de Prévention des Accidents).** Route et lois de la physique, fascicule d'information, 2001.
- **Burg H.** Rechnerunterstützte Rekonstruktion von Pkw/Pkw – Unfällen. Thèse de doctorat, Technischen Universität Berlin, 1984.
- **Burg H & Moser A.** Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. ATZ/MTZ – Fachbuch, Wiesbaden, 2007.
- **Burg H & Rau H.** Handbuch der Verkehrsunfallrekonstruktion. Verlag Information Ambis, Kippenheim, 1981.
- **Burckhardt M.** Reaktionszeiten bei Notbremsvorgängen. Verlag TÜV, Reinland, 1985.
- **Champod C & Taroni F.** Interpretation of Fibres Evidence – The Bayesian Approach. Chapter 13.3 in Robertson J. and Grieve M (Eds.). *Forensic Examination of Fibres*, 2nd Edition, Taylor & Francis, London, 1999.
- **Cleren C.** Généralités : terrassements de construction. Cours de routes. Ecole d'Application du Génie d'Angers, 1967, tome 1 : 27.
- **DEKRA.** Sicherheitsgurt, Schutzwirkung und Gurtuntersuchung. *Fachschriftenreihe* 1984, 28(85) : 93-104.
- **Depriester J-P.** Cours de Reconstruction Cinématique d'Accident Routier (RCAR) dispensé à l'Université de Lausanne, 2004-2008.
- **Drummond F & Pizzola P.** An Unusual Case Involving the Individualization of a Clothing Impression on a Motor Vehicle. *Journal of Forensic Sciences* 1990, 35 (3) : 746-752.
- **Engels K.** Möglichkeiten und Grenzen der Geschwindigkeitsrückrechnung aus Regelspuren ABS-Gebremster Pkw. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 1983, 5 : 133-138.
- **Evetts I W, Jackson G & Lambert J A.** More on the Hierarchy of Propositions : Exploring the Distinction between Explanations and Propositions. *Science and Justice* 2000, 40(1).

- **Ferrandez F.** L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1995.
- **Fillon C.** La recherche de véhicules à partir des indices matériels. Travail de mémoire, Lausanne, 2000.
- **Freeman M D & Kohles S S.** Applications and Limitations of Forensic Biomechanics : A Bayesian Perspective. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 2010, 17 : 67-77.
- **Fric E R, Daumas M & McDie D.** Oeuvres de Lavoisier : Correspondance, fasc. 3 : 1776 – 1783, publication sous le patronage de l'Académie des sciences. Albin Michel, Paris, 1964.
- **Fricke LB.** Traffic-Accident Reconstruction. Northwestern University Traffic Institute, 1^{ère} édition, 1990.
- **Gerster B.** Cours d'analyse d'accidents dispensé à la HES de Bienne en collaboration avec le Dynamic Test Center, Vauffelin / Bienne, 2007.
- **Girod A.** Le transfert et la persistance des particules d'amidon sur les habits d'un conducteur suite à l'explosion d'un airbag. Séminaire de 3^{ème} année, Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2007.
- **Gorski Z, German A & Nowak E.** Examination and Analysis of Seat Belt Loading Marks. *Journal of Forensic Sciences* 1990, 35 (1) : 69-79.
- **Hafsi S & Massonnet G.** Les traces matérielles dans les accidents de la circulation routière. Journées du droit de la circulation routière 5-6 juin 2008. Stämpfli Editions SA, Berne, 2008.
- **Heinrich U.** Entstehung, Aussehen und Sichern von Reifenspuren. *Kriminalistik* 2002. 12 : 749-760.
- **Herrmann R & Gonter M.** Visualisierung latenter Kontaktsuren auf ausgelösten Airbags. *Kriminalistik* 2004, 1 : 49-52.
- **Horisberger B.** L'apport de la médecine légale dans les investigations d'accidents de la circulation. Journées du droit de la circulation routière 14-15 mars 2006. Stämpfli Editions SA, Berne, 2006.
- **Hugemann W.** Unfallrekonstruktion 1 + 2. Autorenteam Gbr, Münster, 2005.
- **Indra H.** Spurenkatalog, Fahrbahntyp – Spurentyp. Technischer Überwachungs-Verein Bayern, 1973.
- **Indra H & Diederichsen O.** Beschleunigungs- und Verzögerungswerte. Technischer Überwachungs-Verein Bayern, 1976.

- **ISO.** ISO 12353-1 :2002(E/F).
- **ISO.** ISO 6813 :1998(E/F).
- **ISP – Institut Suisse de Police.** Manuel de référence pour l'examen professionnel fédéral de Policier/Policière. 2006.
- **Jolidon B.** Détermination de l'usage d'une ceinture de sécurité dans le cas d'une collision : Revue bibliographique. Séminaire de 2^{ème} année, Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2004.
- **Jochem G.** Rekonstruktion der Insassen-Sitzverteilung in Unfallfahrzeugen. *Kriminalistik* 2001, 5 : 341-346.
- **Kelder K & Burton B.** Examination of a Deployed Airbag for DNA and Cosmetics to Answer the „Driver Question“. *Canadian Society Forensic Sciences Journal* 2002. 35 (3) : 165-175.
- **Krauss W & Stritesky K.** Rekonstruktion der Sitzordnung bei einem Motorradunfall anhand der Untersuchung textiler Anschmelzspüren. *Archiv für Kriminologie* 1993, 192 : 12-16.
- **Lanzi L.** La photogramétrie numérique combinée avec la modélisation 3D : applications aux sciences forensiques. Thèse de doctorat, Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne, 2009.
- **Lazarenko L.** Road Accident When Cars Exceeded the Lawful Speed Limit. Discussion on a Uniform Way of Expert Opinion Formulating. Annual meeting of the Road Accident Analysis Expert Working Group (RAA EWG) – ENFSI, Krakow, 2007.
- **Lechner D.** La reconstitution cinématique des accidents. Rapport INRETS n°21, 1986
- **Locard E.** L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques. Flammarion, Paris, 1920.
- **Locard E.** Manuel de technique policière, 2^{ème} édition. Payot, Paris, 1934.
- **Martin JC, Delémont O, Esseiva P & Jacquat A.** Investigation de scène de crime. Fixation de l'état des lieux et traitement des traces d'objets. Collection Sciences Forensiques. Presses polytechniques et universitaires romandes, 3ème édition, 2010.
- **Margot P & Lennard C.** Les traces en criminalistique. Sauvegarde, prélèvements et applications. Institut de Police Scientifique, Lausanne, 1991.
- **Masakowski S, Enz B, Cothem J & Rowe W.** Fiber-Plastic Fusions in Traffic Accident Reconstruction. *Journal of Forensic Sciences* 1986, 31(3) : 903-912.

- **Massonnet G & Neri R.** The Evidential Value of Traces Left by Plastic Automobile Bumper Bars. *Advances in Forensic Sciences, Vol 5, Forensic Chemistry*, Dr Köser Verlag, Berlin 1995 : 327 – 334.
- **Mathieu A.** Analyse de différentes sources alternatives de peinture dans les dommages de véhicules automobiles. Séminaire de 3^{ème} année. Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2003.
- **McHenry RR.** The CRASH Program – A Simplified Collision Reconstruction Program, Paper prepared for the Motor Vehicle Collision Investigation Symposium, Calspan Corporation, Buffalo, New York, October 1975.
- **Metter D.** Die Rekonstruktion der Sitzordnung bei Pkw-Unfällen. *Archiv für Kriminologie* 1978, 162 : 92-102.
- **Michel C.** Véhicules automobiles. Boîtes noires et repérage. Séminaire de 3^{ème} année. Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2003.
- **Noon RK.** Engineering Analysis of Vehicular Accident, CRC Press, Boca Raton, 1994.
- **Office fédéral de la statistique (OFS).** Accidents de la circulation routière : instructions. 1992.
- **Palmer R.** Fiber Plastic Fusion – A Case Study. European Fiber Group, 12th meeting ENFSI, Prague, 2004.
- **Peter E.** Grundkurs für die Verkehrsunfallrekonstruktion. Strassenverkehrs – und Schifffahrtsamt des Kantons St. Gallen. St. Gallen, 2001.
- **Rabek V.** Optische Methoden für die Sichtbarmachung undeutlicher Spuren auf Fahrbahnen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2004, 11 : 257.
- **Ranzi R.** L'étude de population des traces de peinture découvertes sur des voitures accidentées. Séminaire de 3^{ème} année, Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2003.
- **Rau H, Otte D & Schulz B.** Pkw-Fussgängerkollisionen im hohen Geschwindigkeitsbereich. Ergebnisse von Dummyversuchen mit Kollisionsgeschwindigkeiten zwischen 70 und 90 km/h. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2000, 12 : 341.
- **Ravani B, Brougham D & Mason R T.** Pedestrian Post-Impact Kinematics and Injury Pattern. *Society of Automotive Engineers Inc* 1981, 811024.
- **Rivers R.** Traffic Accident Investigation A Training and Reference Manual. Institute of Police Technology and Management, University of North Florida, 1988.
- **Ropohl D & Pohl K.** Die Rekonstruktion der Sitzposition von Fahrzeuginsassen : Traumatologische Befunde und Verletzungsmuster. *Der Verkehrs Unfall* 1980. 1 : 13-17.

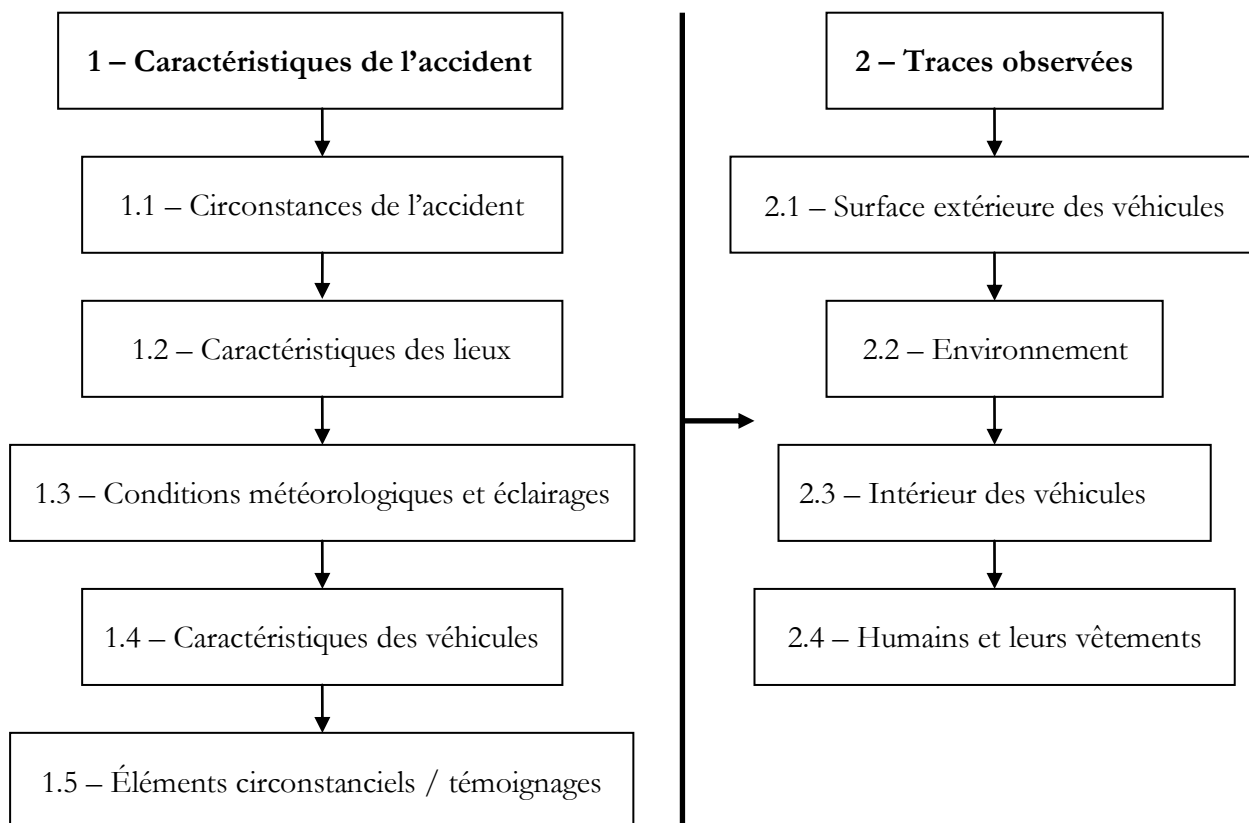
- **Roux C.** La valeur indiciale des fibres textiles découvertes sur un siège de voiture : Problèmes et solutions. Thèse de doctorat, Institut de Police Scientifique, Université de Lausanne, 1997.
- **RS741.01.** Loi fédérale du 19 décembre 1958 sur la circulation routière (LCR), état au 01.07.2010.
- **RS741.11.** Ordonnance du 13 novembre 1962 sur la circulation routière (OCR), état au 01.04.2010.
- **RS741.41.** Ordonnance du 19 juin 1995 concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers (OETV), état au 01.07.2010.
- **SAE.** Collision Deformation Classification. SAE J224a, 1972.
- **Schrag B & Bollmann M.** Aspect medico-légal et types de blessures causés par les accidents de la circulation. *Journal Criminalistique Suisse* 2009, 8 : 23-24.
- **Schubert G.** Forensic Value of Pattern and Particle Transfers From Deployed Automotive Airbag Contact. *Journal of Forensic Sciences* 2005, 50(6) : 1-6.
- **Seitz N (a).** Eine Untersuchung von Reinfenschäden, Teil 1. *Zeitschrift für das gesamte Sachverständigenwesen* 1982. 4 : 73-79.
- **Seitz N (b).** Eine Untersuchung von Reinfenschäden, Teil 2. *Zeitschrift für das gesamte Sachverständigenwesen* 1982. 5 : 101-105.
- **Siegfried A.** Les traces retrouvées sur des ceintures de sécurité (utilisation normale / accidents). Séminaire de 4^{ème} année, Institut de Police Scientifique, Lausanne, 2004.
- **Stürtz G, Suchen E & Richter K.** Analyse von Bewegungsablauf bei Fussgängerunfällen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 1975, 2 : 29-38.
- **Taroni F, Bozza S, Biedermann A, Garbolino P & Aitken C.** Data Analysis in Forensic Science, a Bayesian Decision Perspective. John Wiley and Sons, Chichester , 2010.
- **Toor A & Araszewski M.** Theoretical vs. Empirical Solutions for Vehicle/Pedestrian Collisions. *ASME Paper*, 2003, 01 - 0883.
- **Van Kirk D.** Vehicular Accident Investigation and Reconstruction. CRC Press, Boca Raton (USA), 2001.
- **Yerpez J & Ferrandez F.** Caractéristiques routières et sécurité. Reconnaissance de la contribution des facteurs route dans la genèse des accidents. Synthèse INRETS n°2, Arcueil, 1986.

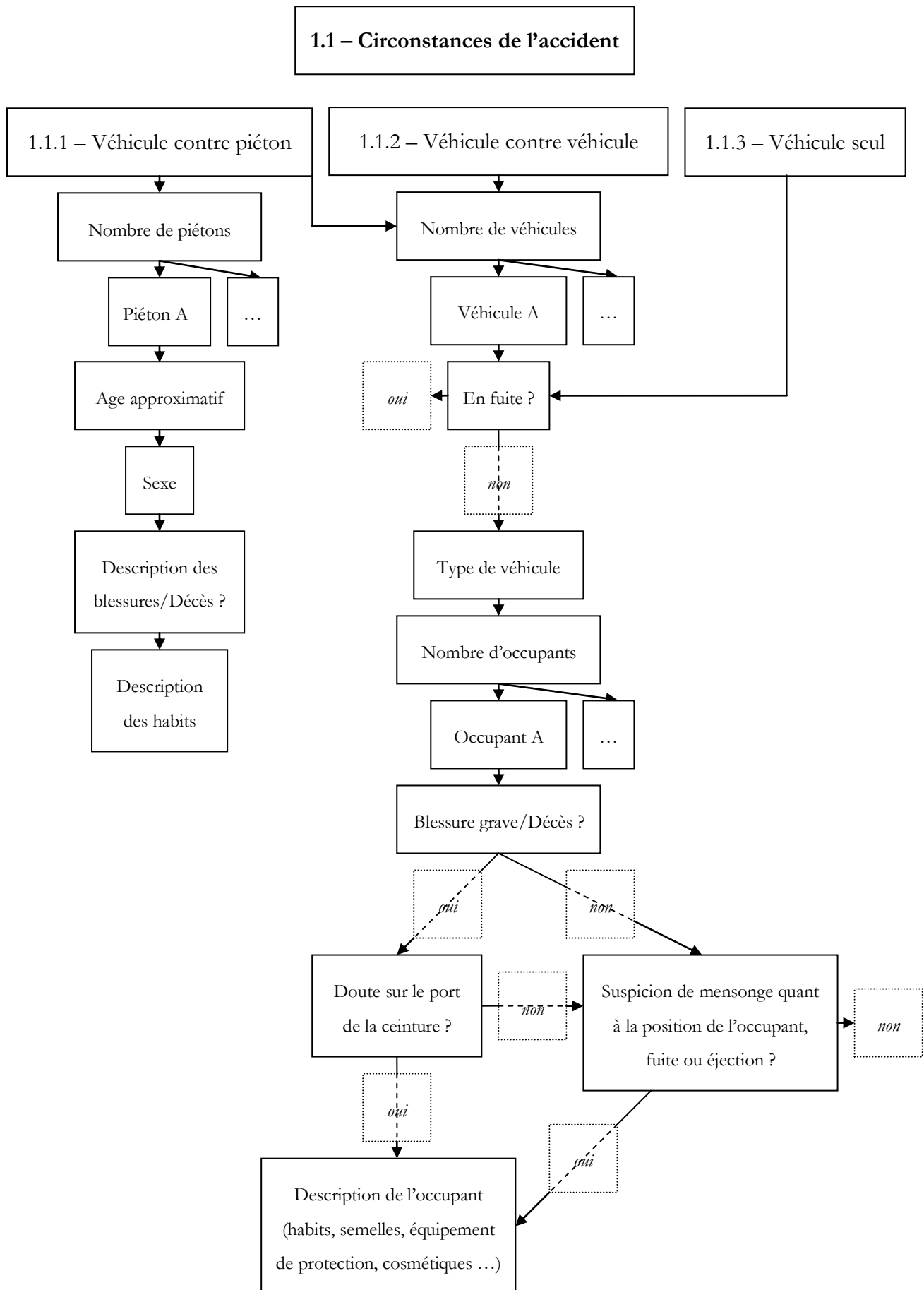
- **Zieba-Palus J.** Examination of Used Motor Oils by Flame AAS for Criminalistic Purposes : a Diagnostic Study. *Forensic Science International* 1998. 91 : 171-179.
- **Zipkes E.** Über das Leistungsvermögen einer Strassenoberfläche und ihres Angebotes im Adhäsionsbereich. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 1983, 2 : 45-53.

Sites WEB :

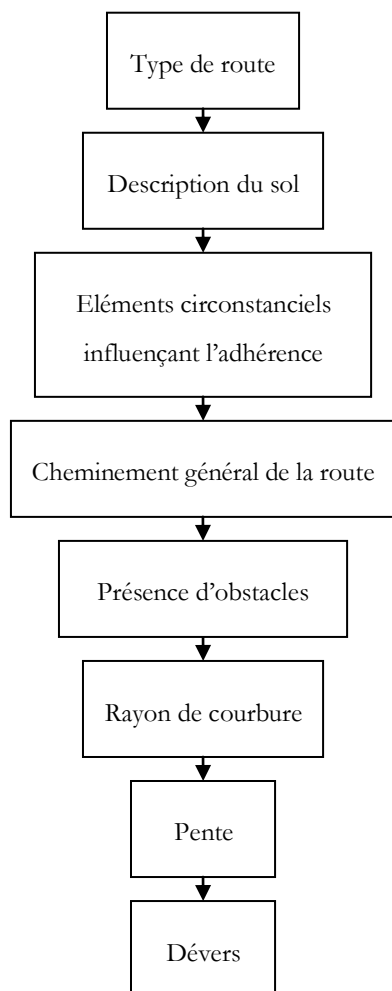
1. Office Fédéral de la Statistique : www.statistique.admin.ch.
 - Années de consultation : 2008 - 2010
2. Bureau de Prévention des Accidents : <http://www.bpa.ch>.
 - Année de consultation : 2009
3. Chancellerie fédérale : www.bk.admin.ch
 - Années de consultation : 2009 - 2010
4. Notes de cours du Prof. Nicolas QUELOZ : www.unifr.ch.
 - Année de consultation : 2008
5. Seat Belt Safety : www.nassco-barbados.com/newsltr.htm
 - Années de consultation : 2008 - 2010
6. The Traffic Accident Reconstruction Origin : www.tarorigin.com
 - Années de consultation : 2008 - 2010
7. Wikipedia : www.wikipedia.com
 - Année de consultation : 2010
8. UNIL – IPS : www.unil.ch/esc
 - Année de consultation : 2010
9. Linternaute Encyclopédie : www.linternaute.com/encyclopedie
 - Année de consultation : 2010

11. ANNEXE 1 – BANQUE DE DONNÉES « ACCIDENT »

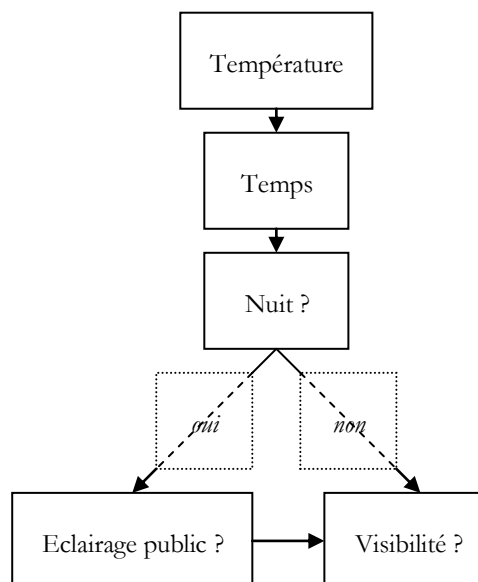




1.2 – Caractéristiques des lieux

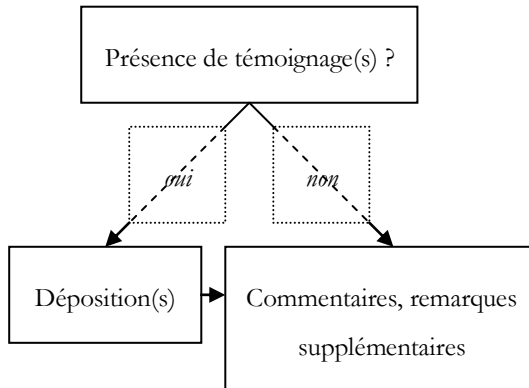
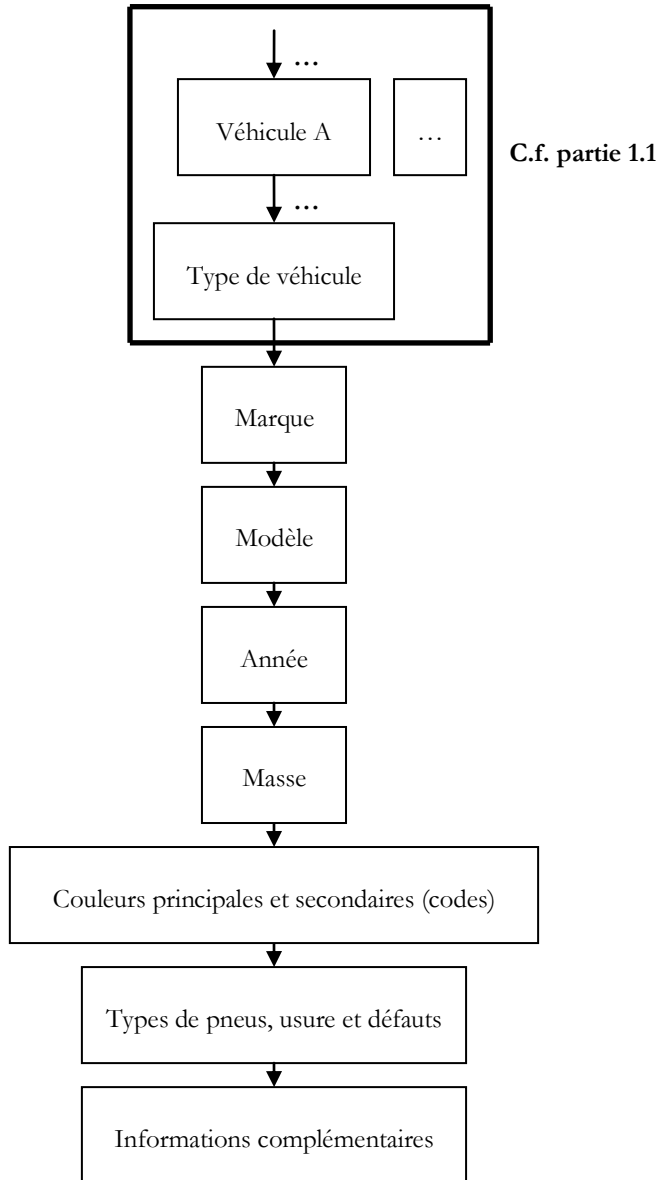


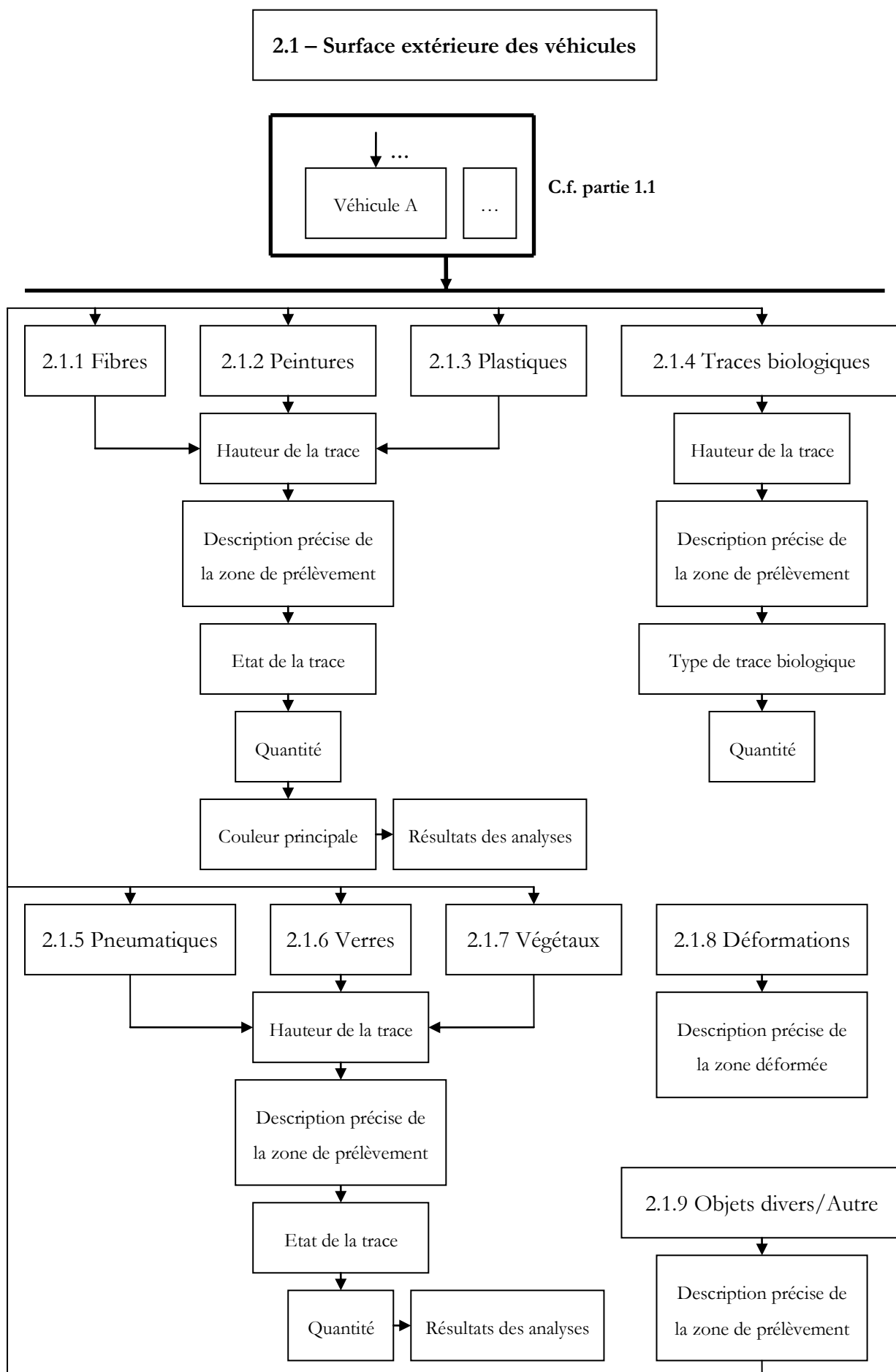
1.3 – Conditions météorologiques et visibilité



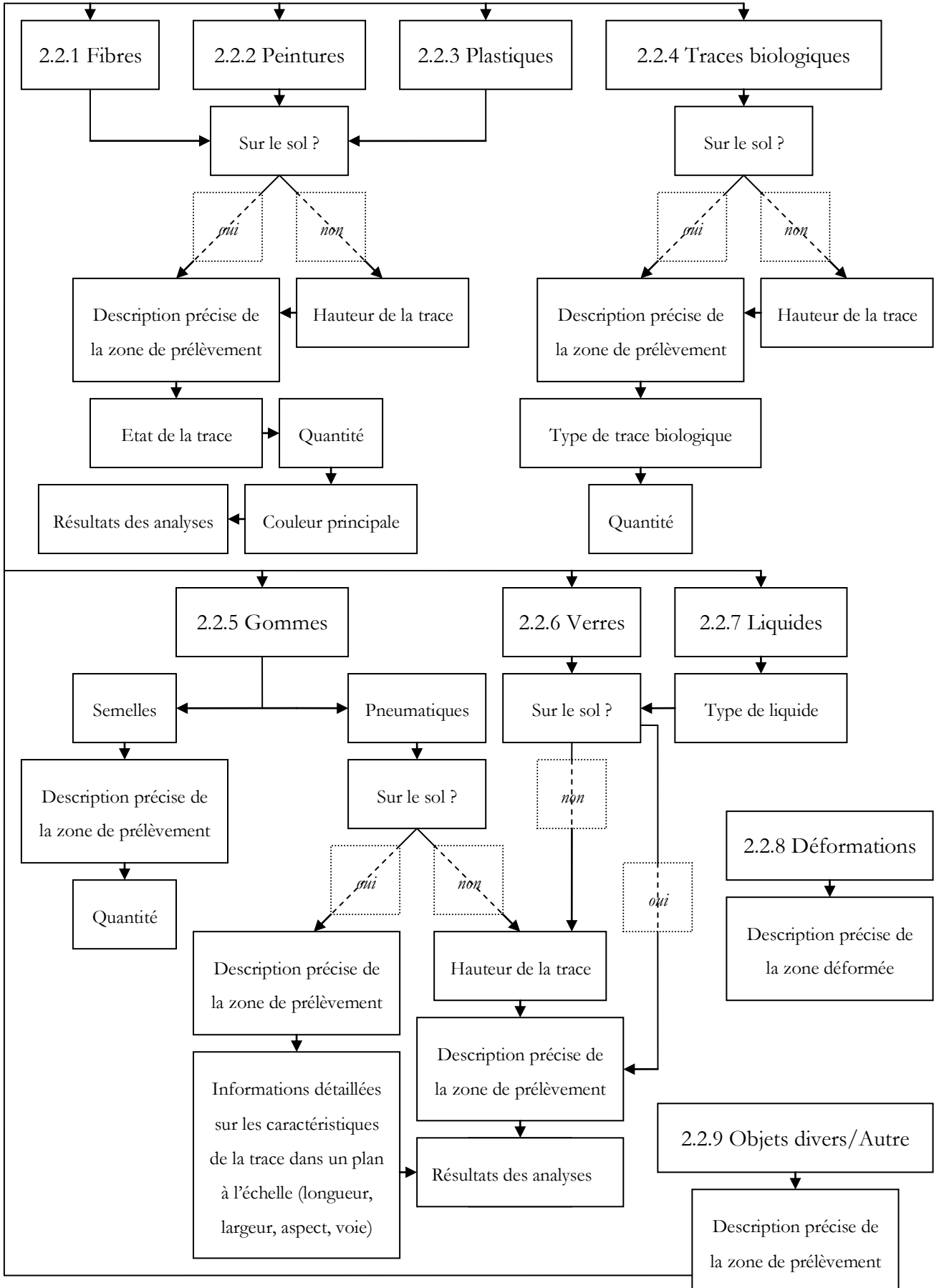
1.4 – Caractéristiques des véhicules

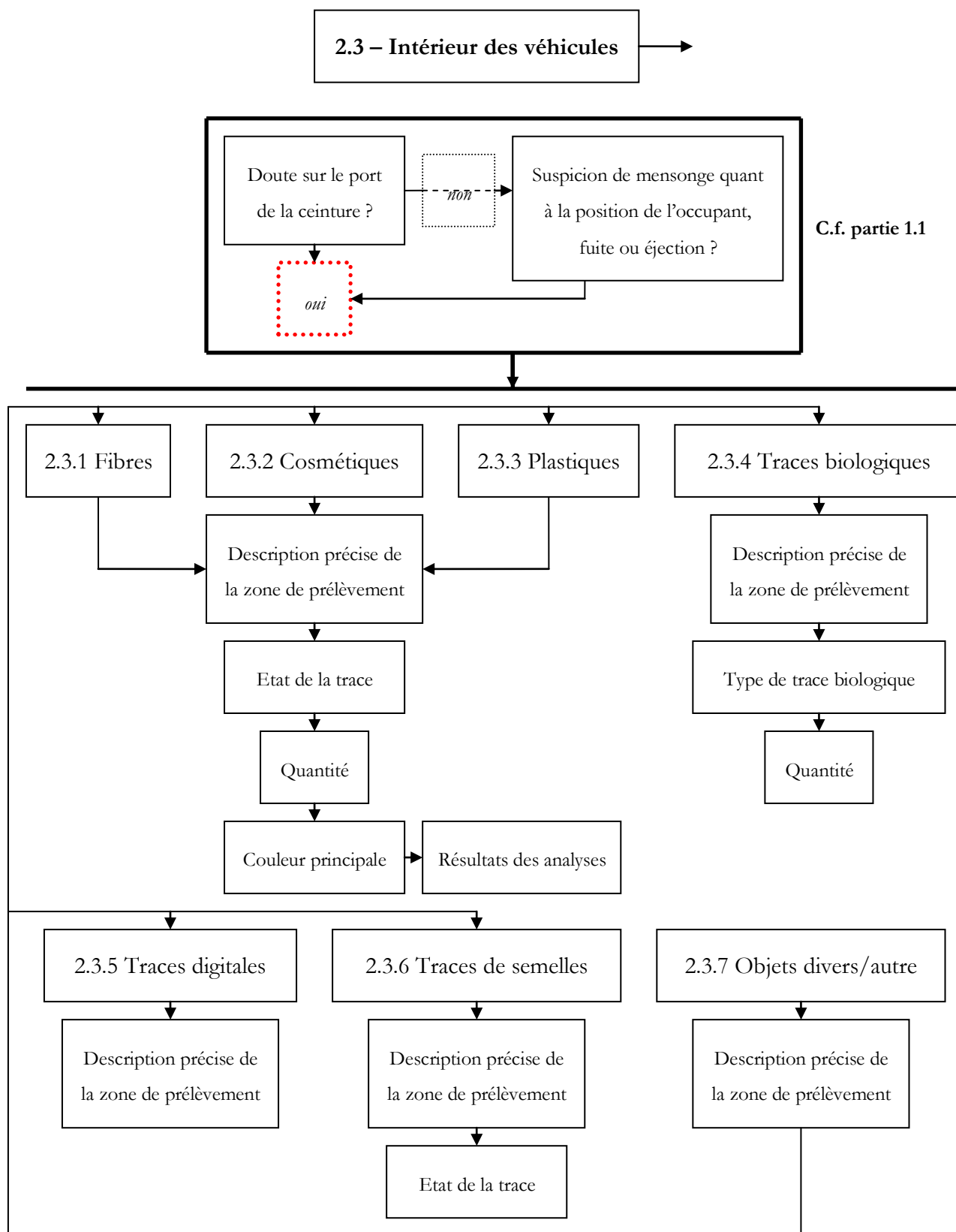
1.5 – Eléments circonstanciels / témoignages



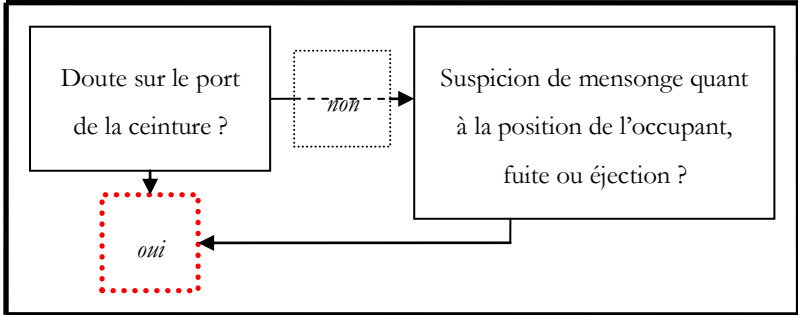


2.2 – Environnement

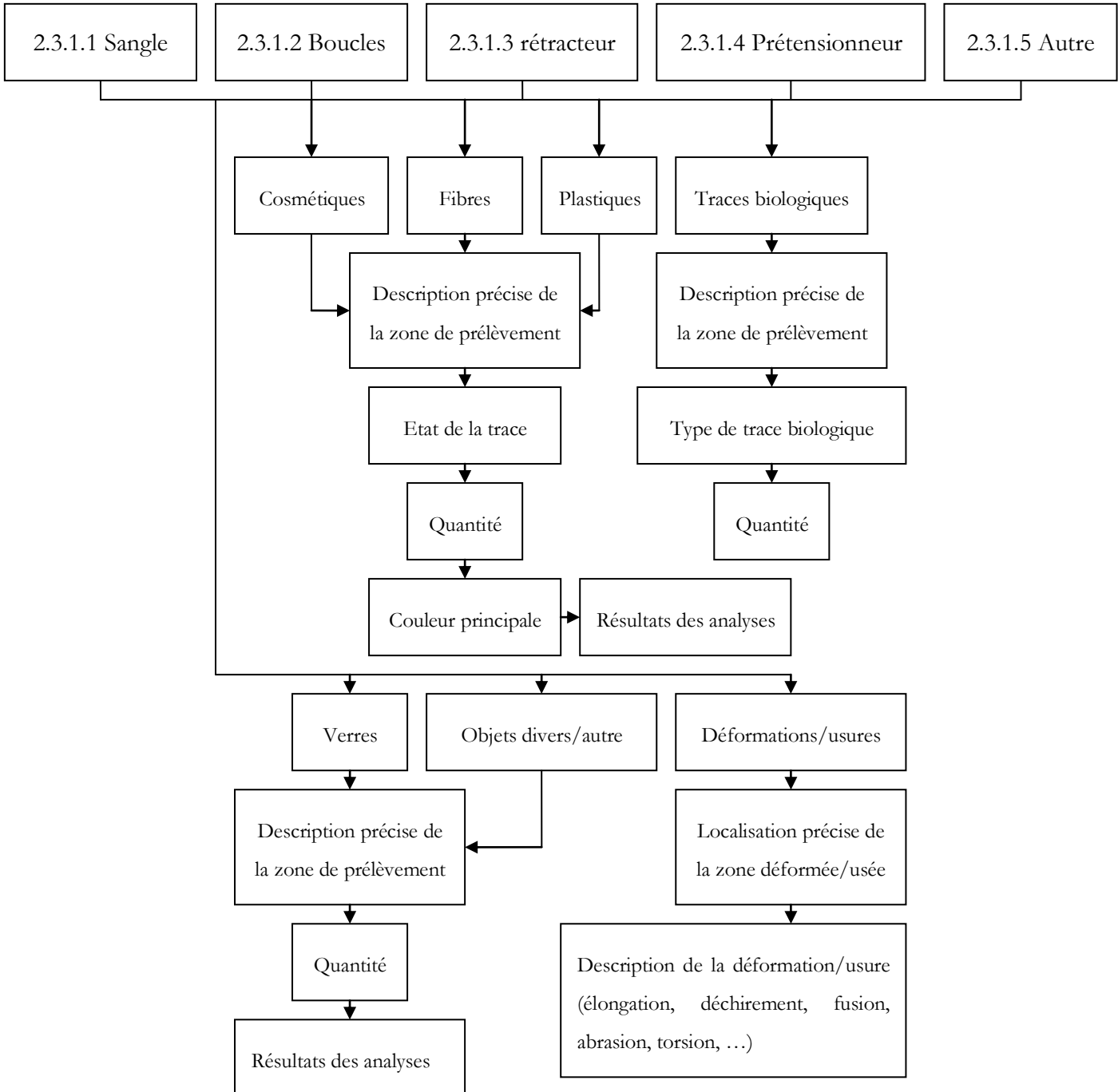




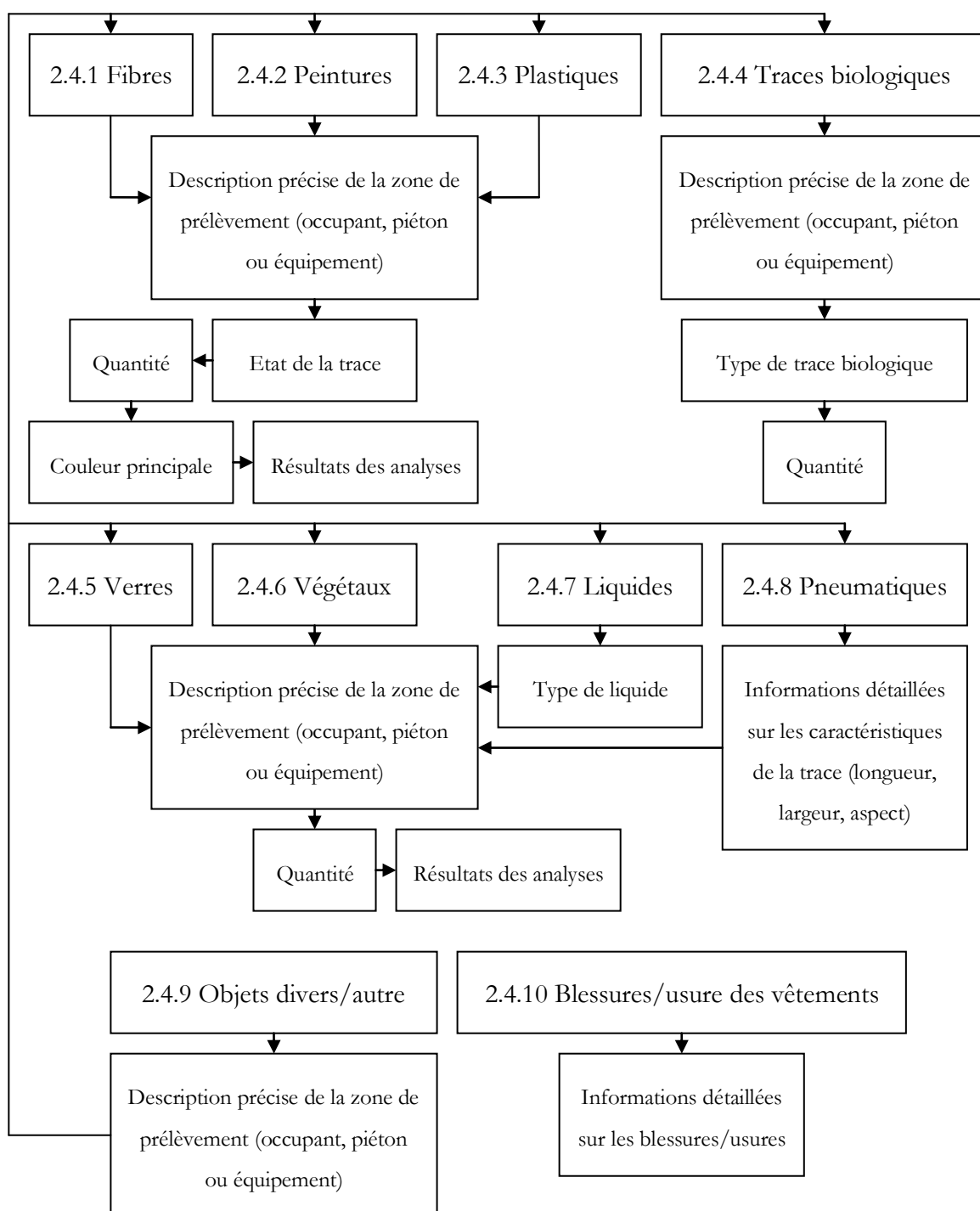
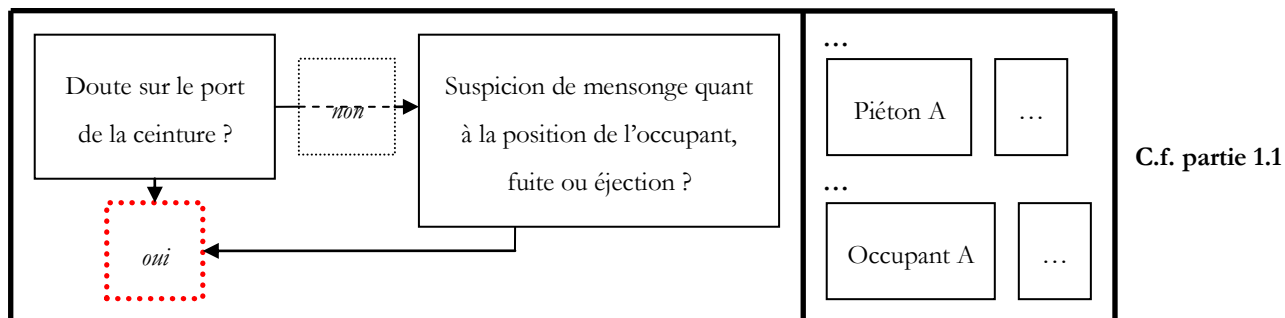
2.3.1 – Ceintures de sécurité



C.f. partie 1.1



2.4 – Humains et leurs vêtements : conducteurs, passagers ou piétons



12. ANNEXE 2 – QUESTIONNAIRES SIJ

Synthèse des réponses relatives à la question des synergies entre les Services d'Identification Judiciaire et les polices de la circulation. Ce questionnaire a été envoyé aux différents SIJ suisses par courrier électronique. 13 cantons ont répondu au questionnaire.

Questions :

En tant qu'inspecteurs/trices,

Q1 : Etes-vous appelés/ées sur les lieux d'accidents de circulation ? (Toujours, rarement, jamais)

Q2 : Quels sont les motifs de votre présence sur les lieux d'un accident de circulation ? [S'agit-il d'une question de gravité ou simplement de présence de traces exploitables (par ex : lors d'une touchette dans un parking avec délit de fuite et présence de peinture du vhc de l'auteur)] .

Q3 : Quelles tâches accomplissez-vous ? (Par exemple : exploitations des microtraces, aspect médico-légal si victime, dynamique de l'accident, photographies, plans, participation à expertise vhc, autres...)

Q4 : Si, dans votre canton, le SIJ est seul en charge des accidents de circulation, pouvez-vous lister de manière exhaustive les tâches que vous réalisez ?

Q5 : Si le SIJ intervient en collaboration avec la gendarmerie, pouvez-vous préciser quelles tâches sont accomplies par la gendarmerie et quelles tâches sont accomplies par le SIJ ?

D'une manière générale :

Q6 : Quelle est votre structure en ce qui concerne les accidents de circulation ? (par ex : gérer entièrement par un groupe technique de la gendarmerie, gérer par la gendarmerie et la police scientifique, gérer uniquement par la police scientifique)

Q7 : En fonction de votre organisation, les collaborateurs qui traitent d'accidents de circulation sont des "généralistes" ou des personnes uniquement préposées aux accidents de circulation ?

Q8 : Remarques/questions/précisions...

Réponses détaillées :**Vaud :**

Q1 : Jamais sauf exceptions de types réquisition d'un juge ou cas extraordinaire (gendarme percuté par un véhicule qui a pris la fuite).

Q2 : Gravité, intervention possible sur les fuites après accident s'il y a des blessés. Intervention également possible sur réquisition d'un Juge. Pas de SIJ sur les petits dégâts de parc. Si présence de traces lors ces touchettes, les automobilistes sont invités à se rendre au CB.

Q3 : Recherche de traces sur véhicules (peintures, fibres, ADN), sur la route et sur les personnes. Examen des victimes avec IUML. Compréhension de la dynamique de l'accident. Examen d'ampoules.

Q4 : -

Q5 : La gendarmerie réalise les photos et les plans. Pour le SIJ, Cf. réponse 3.

Q6 : La gendarmerie a un groupe de spécialistes.

Q7 : La police de la circulation a un groupe de spécialistes, des gendarmes formés sur le terrain, voire des collègues qui ont des connaissances en photographie ou en technique.

Q8 : -

Genève :

Q1 : Rarement.

Q2 : Gravité, principalement si personnes décédées et traces à exploiter.

Q3 : Photos générales et recherches de traces (en fonction du cas).

Q4 : -

Q5 : Pour le SIJ, Cf. réponse de la question 3.

Q6 : Le travail sur les lieux d'un accident est du ressort de la Brigade de Sécurité Routière (BSR) au cas par cas des traces sont transmises au PBTS pour examen. Parfois examen d'ampoules demandé.

Q7 : Spécialistes de la BSR.

Q8 : -

Soleure :

Q1 : Rarement.

Q2 : Gravité, si personnes décédées, si personnes non identifiées, si prélèvements particuliers de traces.

Q3 : Identification de victimes, traces particulières à prélever et à traiter.

Q4 : -

Q5 : La gendarmerie et/ou le groupe accident gère l'accident (constat, photo, photogrammétrie), les traces et les ampoules. Parfois les traces sont transmises au SIJ sans que ce dernier se rende sur les lieux.

Q6 : La gendarmerie et/ou le groupe accident gère les accidents et les traces.

Q7 : -

Q8 : -

Bâle-campagne :

Q1 : Rarement.

Q2 : Gravité, si personnes décédées à identifier.

Q3 : Identification de victimes.

Q4 : -

Q5 : Le SIJ exploite les microtraces, la gendarmerie fait le reste.

Q6 : Accident simple => intervention de la gendarmerie ou de la police de la circulation. Accident grave => groupe technique de spécialistes appartenant à la police de la circulation.

Q7 : Généralistes de la police de la circulation.

Q8 : -

Thurgovie :

Q1 : Rarement. Le Juge décide si l'intervention du SIJ est nécessaire.

Q2 : Gravité, si mort ou blessé grave; contexte, si situation pas claire et nécessite exploitation des traces ou si conducteur inconnu. Si petit dégât de parc, le policier fait des photos et prélèvements qu'il transmet au SIJ.

Q3 : Photos, photogrammétrie (Elcovision 10 avec support d'un bureau d'ingénieurs), microtraces (route, véhicule extérieur et intérieur), dynamique de l'accident (sans s'exprimer sur les vitesses).

Q4 : -

Q5 : Cas simple : gendarmerie/police routière. Cas "grave" : une patrouille réalise la sauvegarde des lieux, les 1er secours et les auditions. Le SIJ et 1 gendarme s'occupent du reste.

Q6 : Gestion partagée entre police et SIJ. Le policier recueille déposition et rédige le rapport. Le SIJ exploite les traces et rédige rapport.

Q7 : Généralistes. Chaque inspecteur SIJ est en mesure de gérer un accident. Le SIJ compte toutefois un groupe "accident de circulation" : outre le travail ordinaire du service, il s'occupe des traces telles peinture, fibre, ampoule, ceinture de sécurité, chiffre effacé/limé/meulé.

Q8 : -

Tessin :

Q1 : Oui si mortels, blessés graves ou dynamique pas claire.

Q2 : Gravité : mortel et blessé grave; contexte : dynamique pas claire.

Q3 : En cas d'accident mortel : photographie et stéréophotogrammétrie, plan et recherche de traces. En cas de dégâts de parc, le SIJ peut être utilisé comme moyen de pression.

Q4 : -

Q5 : La gendarmerie s'occupe des personnes impliquées et témoins. Le SIJ s'occupe de l'aspect technique.

Q6 : Dès 2008, le SIJ ne sera plus appelé sur les lieux d'accidents. Ceux-ci seront gérés par un groupe technique de la police de la circulation.

Q7 : Généralistes avec une approche scientifique.

Q8 : Collaboration avec un ingénieur spécialisé en dynamique et reconstruction 3D sur la base des éléments du constat de police.

Lucerne :

Q1 : Rarement. Le SIJ est appelé pour l'identification de victime.

Q2 : Gravité, si personnes décédées à identifier.

Q3 : Identification de victimes.

Q4 : -

Q5 : Le SIJ exploite les microtraces, la gendarmerie fait le reste.

Q6 : Accident simple => intervention de la gendarmerie ou de la police de la circulation.
Accident grave => groupe technique de spécialistes appartenant à la police de la circulation.

Q7 : Généralistes de la police de la circulation.

Q8 : -

Fribourg :

Q1 : Jamais, sauf exception, sur demande et pour identifier des victimes.

Q2 : -

Q3 : -

Q4 : -

Q5 : Collaboration possible pour des cas d'ampoules avec le GTA.

Q6 : Gendarmerie, le Groupe Technique Accident (GTA) gère tout.

Q7 : Le GTA est composé de gendarmes spécialisés en accident. Ils se rendent sur les lieux d'accidents "complexes" ou mortels à la demande de la gendarmerie. Ils s'occupent également des fuites après accident.

Q8 : -

Valais :

Q1 : Rarement.

Q2 : Gravité.

Q3 : Photo, identification, incendie, prélèvement d'ampoules, prélèvement de traces diverses.

Q4 : -

Q5 : Cf. réponse à la question 3.

Q6 : C'est en fonction des cas. Il n'y a pas de groupes particuliers à la gendarmerie qui s'occupent des accidents de circulation.

Q7 : Ce sont des généralistes. En fonction des cas, il sera fait appel à des experts.

Q8 : Pas de véritable règle. Le SIJ est à disposition de la gendarmerie ou du magistrat instructeur.

Bâle-ville :

Q1 : Rarement. En cas de décès de personnes.

Q2 : Gravité (la présence de trace ou non ne joue pas de rôle).

Q3 : Photographies de la situation, relevé des traces sur les véhicules et victimes (corps et habits), examen avec médecin légiste des victimes. La reconstruction de l'accident se base sur les auditions. La dynamique de l'accident est établie par la gendarmerie. Les éléments traces et points d'impact sont recherchés par le SIJ et les constatations médico-légales sont effectuées par un médecin légiste.

Q4 : -

Q5 : Cf. réponse à la question 3 pour le SIJ. Pour la gendarmerie : auditions et dynamique. Pour la police de la route : plan.

Q6 : La police de la route s'occupe de la préservation de toutes les traces pour tous les accidents, sauf les mortels. L'exploitation des traces est effectuée par le SIJ ou des laboratoires externes. Le

SIJ ne possède pas de spécialistes accidents. Chacun est en mesure de sauvegarder les traces sur un lieu de mortel. Ensuite, seulement quelques personnes s'occupent de leur exploitation.

Q7 : Pas de spécialistes accidents au SIJ.

Q8 : Peu de mortels impliquant deux véhicules compte tenu de la limitation à 80km/h sur les autoroutes. Les mortels impliquent souvent un piéton et un automobiliste ou un deux-roues avec un véhicule plus gros.

Argovie :

Q1 : Jamais, sauf rares exception pour identifier des victimes.

Q2 : Gravité.

Q3 : Identification de victimes.

Q4 : -

Q5 : Cf. réponse à la question 3.

Q6 : Accident simple => intervention de la gendarmerie. Accident grave => groupe technique de spécialistes appartenant à la police de la circulation. Ils font les prélèvements ampoules, peintures. N'étant pas équipés, ils transmettent ces traces au SIJ pour examen.

Q7 : -

Q8 : -

Berne :

Q1 : Rarement. En cas de décès de personnes.

Q2 : Gravité.

Q3 : Identification de victimes.

Q4 : -

Q5 : Pour le SIJ, Cf. réponse à la question 3. Cependant, exploitations et analyses des traces si demandé. Pour la gendarmerie : actions opératoires, protection des traces, interrogatoires et rédaction de rapports. Pour le groupe spécialiste accident (STA) : analyse optique de traces microscopiques, calculs de dynamique en tous genres, analyse d'accidents au moyen du soft Analyser Pro 6.0., photographie digitale et analogique, établissement de plan 2 et 3D, technique de relevé avec Elcovision, tachymétrie (théodolite), scanning pour visualisation 3D et animation.

Q6 : Le SIJ ne règle aucun accident de la route. Le STA traite de tous les accidents où il y a des véhicules à roues ou qui sont à caractère dynamique. Le STA compte 20 collaborateurs répartis sur le canton plus 6 coll. pour la technique des véhicules et 2.5 coll. pour le groupe de mesure. Ce groupe gère en principe 1000 accidents sur les 7000 qui surviennent en moyenne par année.

Q7 : Le STA ne compte que des spécialistes.

Q8 : -

Neuchâtel :

Q1 : Rarement.

Q2 : Gravité ou contexte (à la seule appréciation des intervenants).

Q3 : Sauvegarde et exploitation des traces; identification et examen de victimes avec la médecine légale; détermination du conducteur; dynamique de l'accident [uniquement pour le spécialiste accident en poste au SIJ car inspecteur scientifique] : zone d'impact, circonstances + examen de pneumatiques, traces de freinage...

Q4 : -

Q5 : Pour le SIJ, Cf. réponse à la question 3. La gendarmerie et/ou police de circulation fait le reste (photo, audition, dynamique et interprétation des traces). Au cas par cas, le spécialiste accident en poste au SIJ est demandé.

Q6 : Accidents simples => gendarmerie territoriale. Accidents graves => gendarmerie territoriale + police de circulation pour photo et plan. Accident sur autoroute => police de la circulation. Au cas par cas, le SIJ vient se greffer.

Q7 : Généralistes pour la majorité des intervenants (2.5 spécialistes techniques à la police de circulation pour cas plus complexes).

Q8 : -

13. ANNEXE 3 – CHECK-LIST

Check-list : Base Accident

Nom de l'enquêteur : Date de l'intervention :/...../.....

Descriptif général

- Date et heure de l'événement
- Type de route
- Signalisation, vitesse signalée, priorités
- Description du sol, adhérence, type de bitume
- Météo (température, temps, ...)
- Visibilité, éclairage public, luminosité
- Plan, croquis, mesures (points fixes, rayon, pente, dévers)
- Témoignages

Description des véhicules impliqués et des occupants

- Prélèvement ou photocopie de la carte grise
- Nombre d'occupants
 - Identité complète
 - Position à l'intérieur du véhicule
 - Description des blessures
 - Permis de conduire
 - Port de la ceinture (automobile) ou du casque (cycle ou moto)
 - Adresse, téléphone
 - Masse
- Propriétaire du véhicule (à différencier du conducteur)
- Séquestre (Officier de Police, Juge d'Instruction), lieu de stockage
- Couleurs, uni ou métallisé
- Description des pneumatiques et de leur usure
- Voie, empattement
- Équipement affectant le freinage ou l'accélération
- Éclairages enclenchés ou non (Cf. check-list sur les ampoules)
- Niveau du carburant dans le réservoir
- Chargement du véhicule
- Assurance du véhicule (nom du contact, éventuellement téléphone)

Description des piétons impliqués

- Identité complète
- Description des blessures
- Adresse, téléphone
- Masse

Check-list : Base Accident

Photographies et prises de vue

- Photographies générales de la scène, des véhicules, ...
 - Toute trace doit être visible sur ces clichés
 - Photographie des lieux parcourus par les protagonistes avant le choc
 - Clichés avec et sans les véhicules (mise en évidence de traces cachées)
- Photographies de détail pour toutes les traces présentes (avant prélèvement ou manipulation)
 - Réglette
 - Photographies orthogonales
 - Valable également pour les traces de gomme au sol
 - Prises de vue des déformations (plusieurs photos par déformation)

Supports de traces et précautions

- Ampoules
 - Ne pas actionner les commandes pour vérifier le fonctionnement
 - Noter/photographier la position des interrupteurs avant toute chose
 - Détailler la position et la fonction des ampoules
 - Séquestrer toutes les ampoules du même type (comparaison)
 - Emballage (le filament ne doit jamais entrer en contact avec l'emballage)
 - Lampes à décharge (type Xénon) : séquestre si brisée ou fissurée
 - Lampes à décharge (type Xénon) : démontage par un spécialiste
- Piétons et automobilistes (conducteurs ou passagers)
 - Séquestrer l'ensemble des habits (y compris le casque s'il y en a un)
 - Conditionner chaque prélèvement dans un emballage différent
 - Assurer une saisie rapide (éventuellement se rendre à l'hôpital)
 - Blessures
- Tachygraphes et enregistreurs de fin de parcours
 - Prélèvement avant le déplacement du véhicule
 - Noter l'heure du prélèvement (pour le tachygraphe, contrôler l'heure du disque)
 - RAG et tachygraphe : prélèvement par la police
 - UDS : prélèvement par un spécialiste
 - Emballage (ne pas plier le tachygraphe ou abîmer les enregistreurs)
- Airbags
 - Préservation de l'ADN et des microtraces (cosmétiques, fibres, ...)
 - Marquer le haut de l'airbag, puis le découper à la base du volant (fixation)
 - Si un airbag n'a pas éclaté, déconnecter la batterie avant de pénétrer l'habitacle

Check-list : Base Accident

- Pneumatiques défectueux
 - Ne pas rouler avec le véhicule
 - Noter la position des roues
 - Importance des photographies de détail des traces de gomme au sol
 - Stockage à l'intérieur
 - Contrôler la pression des autres pneus
- Ceintures de sécurité et prétentionneurs
 - Zones de choc à l'intérieur de l'habitacle
 - Maintenir la ceinture telle qu'elle est retrouvée dans la voiture
 - Prélever l'ensemble des composantes (sangle, boucles, rétracteur, ...)
 - Ne pas plier la sangle
 - En présence d'un prétensionneur, le démontage se fait par un spécialiste
 - Prélever les ceintures non portées afin de disposer d'une comparaison

Prélèvement des traces

- Prélever l'intégralité des traces pertinentes. Quelques fragments ne suffisent pas (assemblage)
- Pas de tri sur les lieux
- Détachement du support (à privilégier par rapport à l'application d'adhésifs)
 - En accord avec le propriétaire, le juge ou l'officier de police
- Scotchage de la trace
 - Adhésif de type "Police" uniquement
 - Prélèvement sur toute la zone de contact
 - Une microtrace contient "micro", elle est donc souvent invisible
 - Pour les traces glissées ou fondues, exercer une forte pression
 - Donner le plus d'indications possibles sur le prélèvement (hauteur, zones, ...)
 - Effectuer des prélèvements de comparaison (sources potentielles) !
- Grattage et détachement de la trace à l'aide de brucelles
 - Maintenir un papier propre sous la zone pour éviter les pertes
 - Éviter les emballages plastiques (électrostatique)
 - Propreté de l'outillage
- Swab (prélèvements biologiques)
 - Porter des gants et un masque de protection
 - Emballage (attention aux contaminations traces-traces)

Check-list : Base Accident

Croquis et plans

- Points fixes
- Répertorier l'ensemble des traces (ne pas oublier les photos de détail)
- Définir des zones de débris, la position des corps et des véhicules
- Un plan à l'échelle est primordial si l'accident est grave ou complexe

Intervenants sur la scène d'accident

- Service d'Identité Judiciaire
 - Vol de véhicule / véhicule abandonné (automobiliste/s en fuite)
 - Incendie de véhicule
 - Identification de cadavre
- Groupe spécialisé dans la gestion des accidents
 - Accident avec blessés graves
 - Accident avec morts
 - Accident avec dégâts matériels importants
 - Accident complexe
- Gendarmerie, police secours
 - Toujours présents
- Institut de Police Scientifique (IPS), Centre de Compétence de la ville de Zurich (WD), expert privé
 - Dans certains cas compliqués et en accord avec un juge ou un officier

Contacts utiles

- Institut de Police Scientifique - IPS (expertise)
 - Secrétariat (021/692.46.00)
- Centre de Compétence de la ville de Zurich - groupe "physique" du WD (expertise)
 - Arnold (044/411.96.20)
- Dépanneurs (canton de Neuchâtel)
 - Jeanneret (079/637.55.74)
 - Fiorucci (079/2407038)
 - Cassi Imhof (032/926.88.44)
 - Danzer (032/863.40.60)
- BKA - Wiesbaden (identification de la source d'un débris de verre ou de plastique)
 - Siebecker (0049/611.551.81.30 ou 0049/611.551.31.02)
- IRCGN - Département véhicule (identification de débris et aide pour la reconstruction)
 - Depriester (0033/1.58.66.50.51)

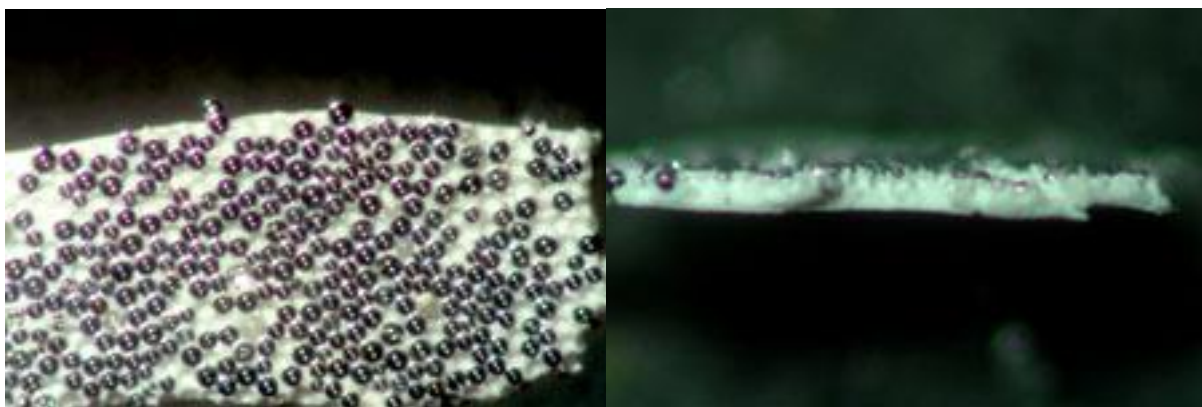
14. ANNEXE 4 – PHOTOGRAPHIES DE TRACES AU MICROSCOPE

L'ensemble des images de cette annexe ont été photographiées en réflexion, à l'aide de la technique dite en fond noir.

Le grossissement employé est de 100x.

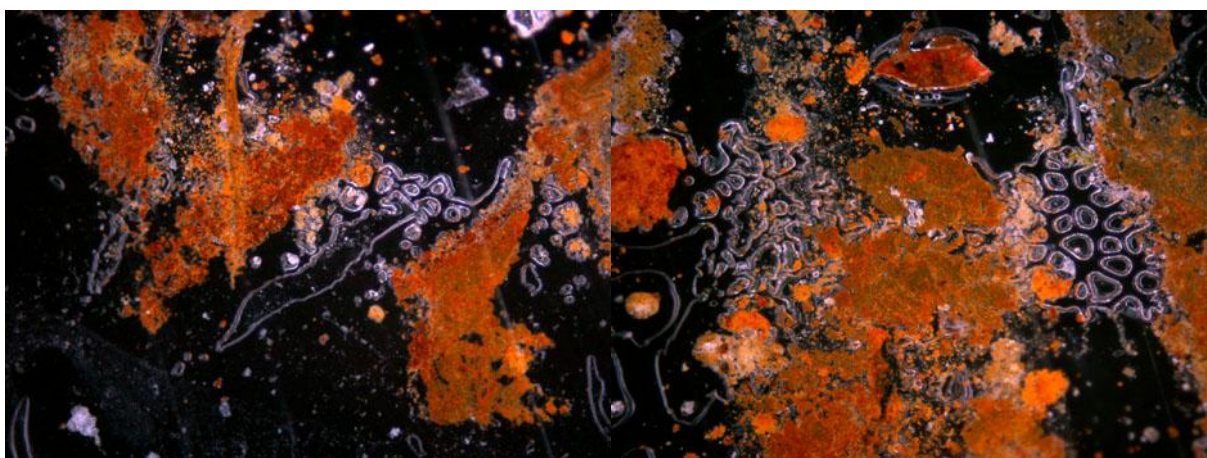
14.1. Billes retro-réfléchissantes

Source : panneaux de circulation réfléchissants.



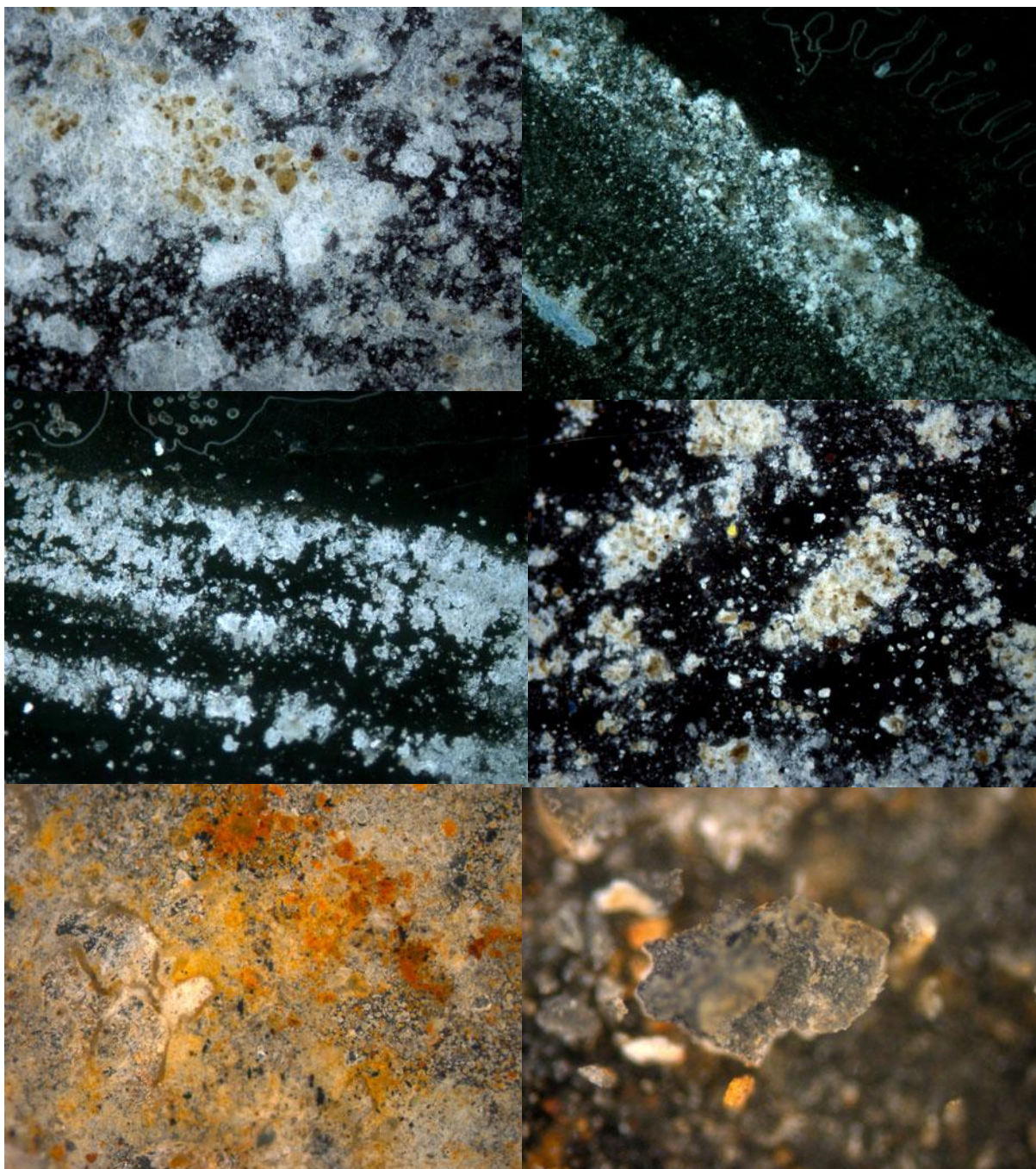
14.2. Rouille

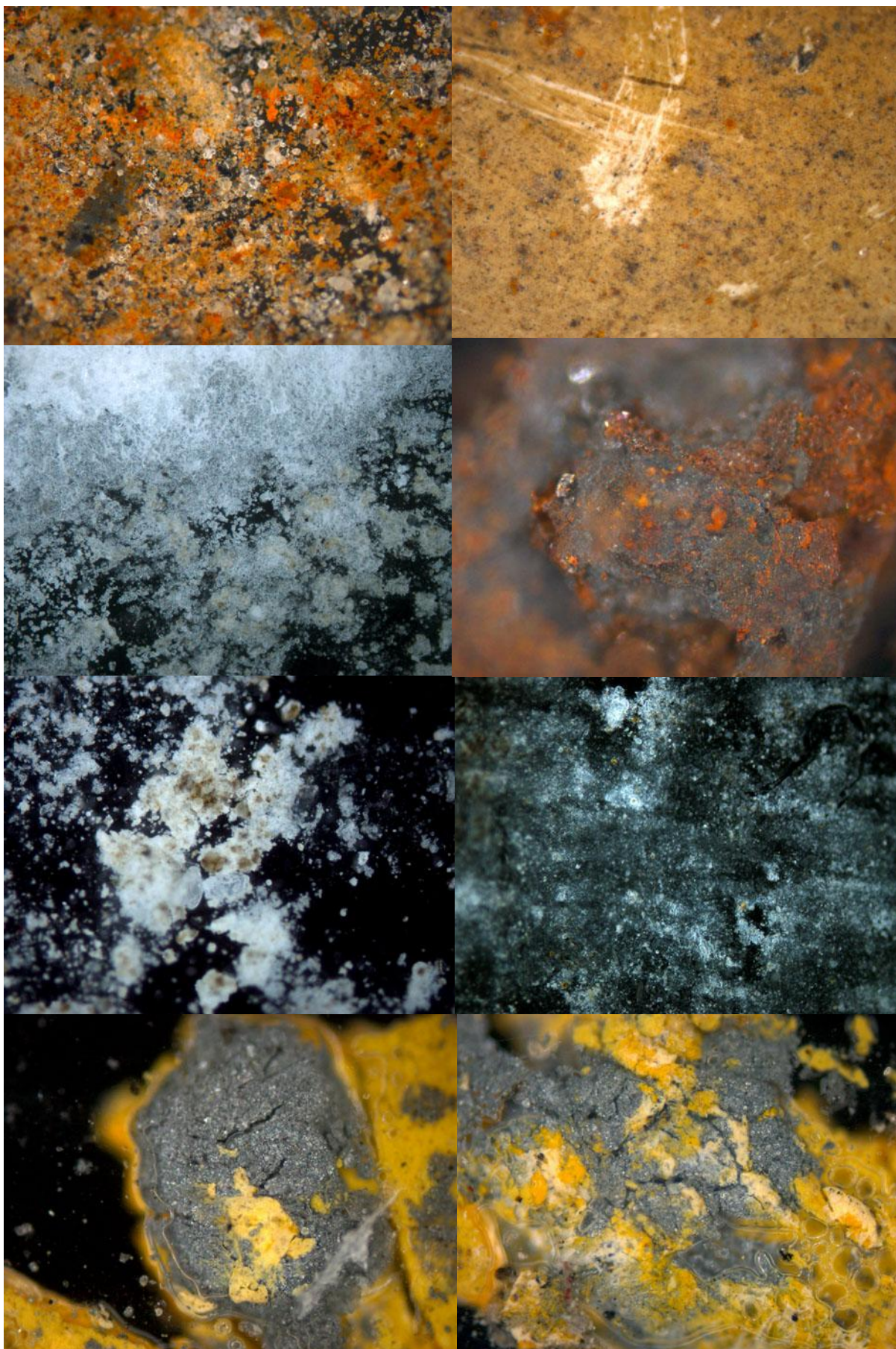
Source : partie métallique rouillée d'un véhicule.

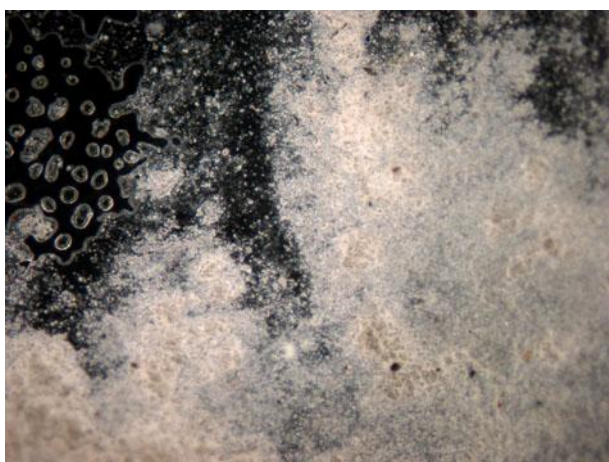


14.3. Minéraux

Sources : traces relevées sur des véhicules qui ont heurté des murs, des pierres ou des surfaces en béton.

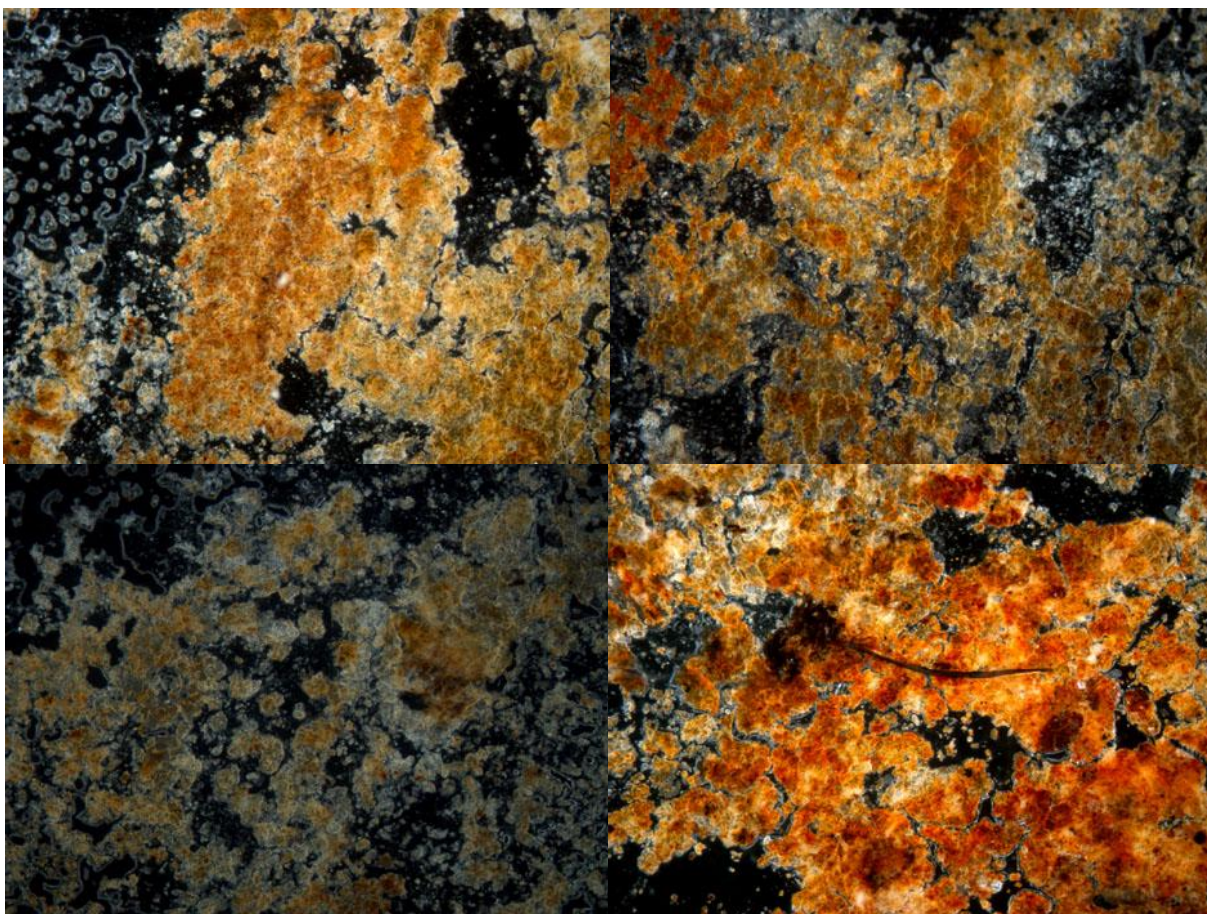


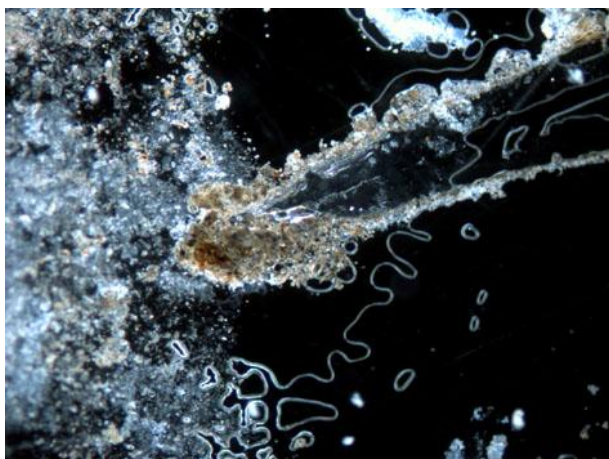




14.4. Végétaux

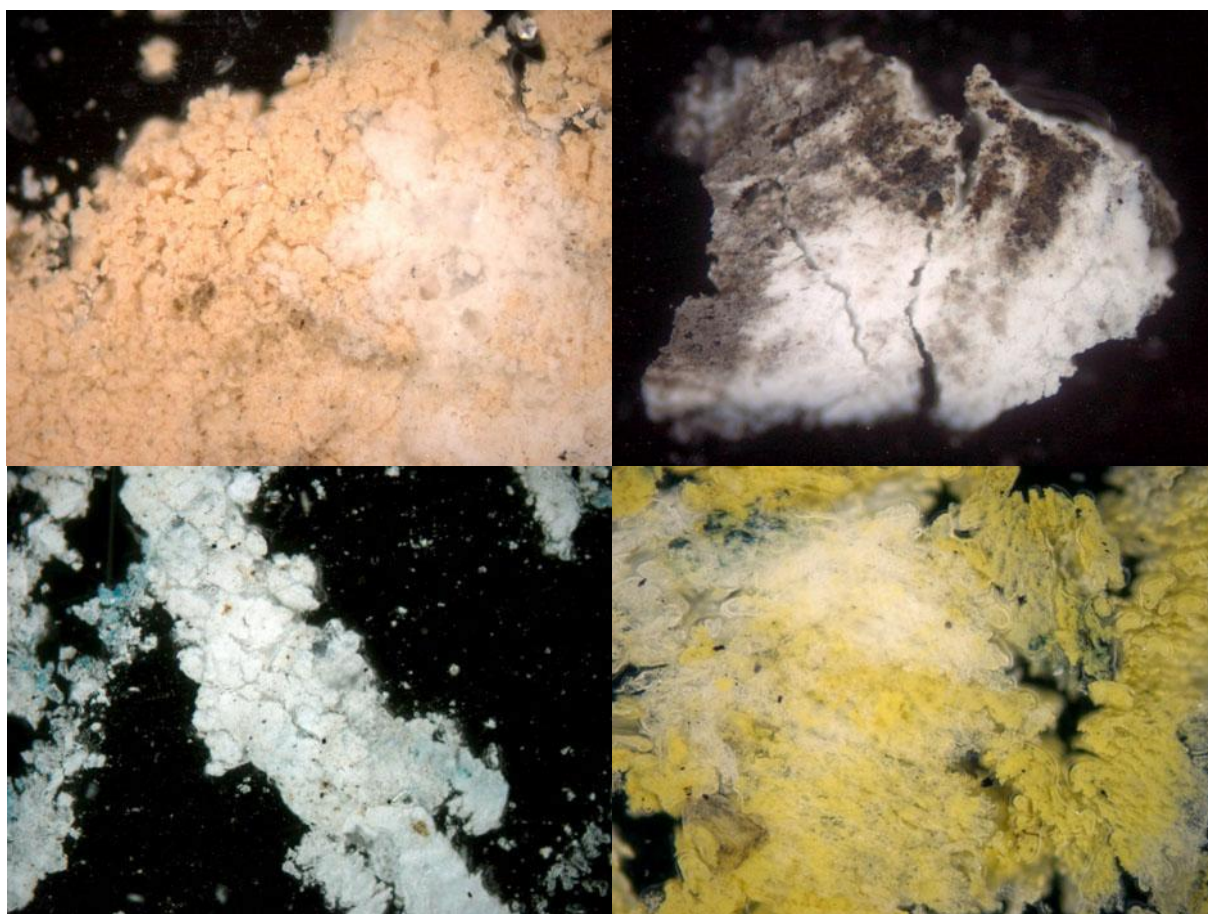
Sources : traces relevées sur des véhicules qui ont heurté des troncs d'arbres.

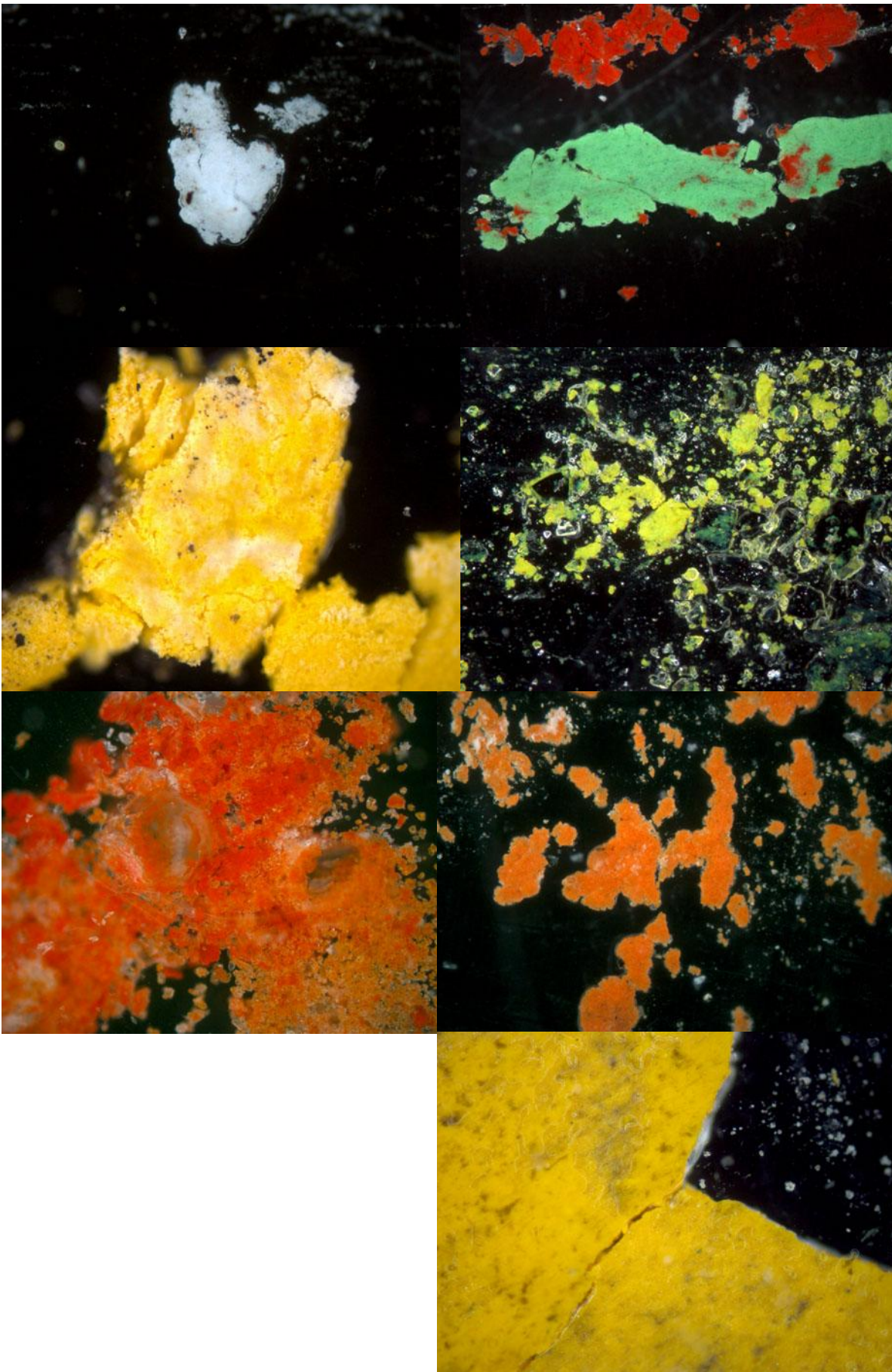




14.5. Revêtements de murs ou de parkings

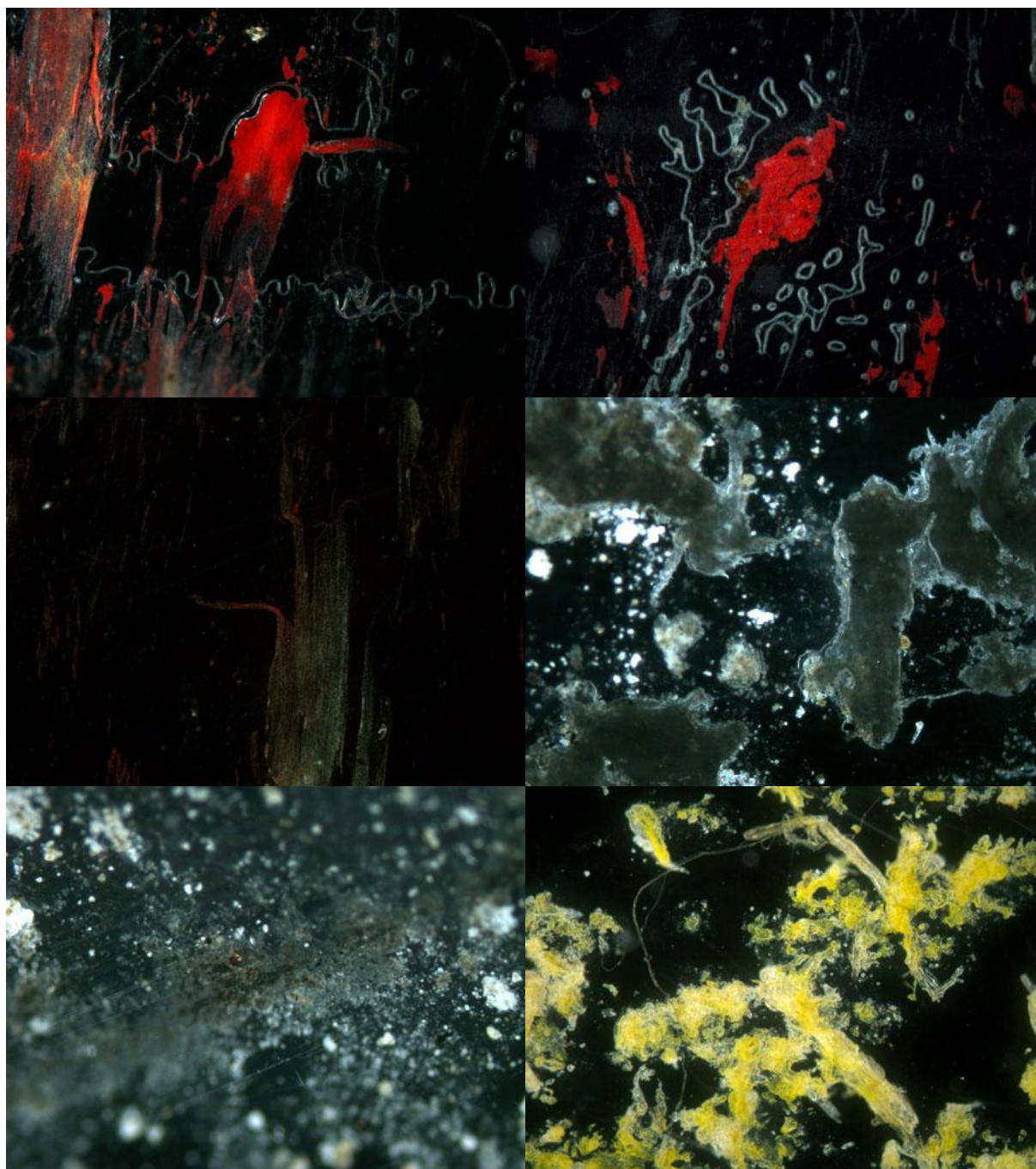
Sources : traces relevées sur des véhicules qui ont heurté des surfaces peintes, d'un bâtiment ou d'un parking.

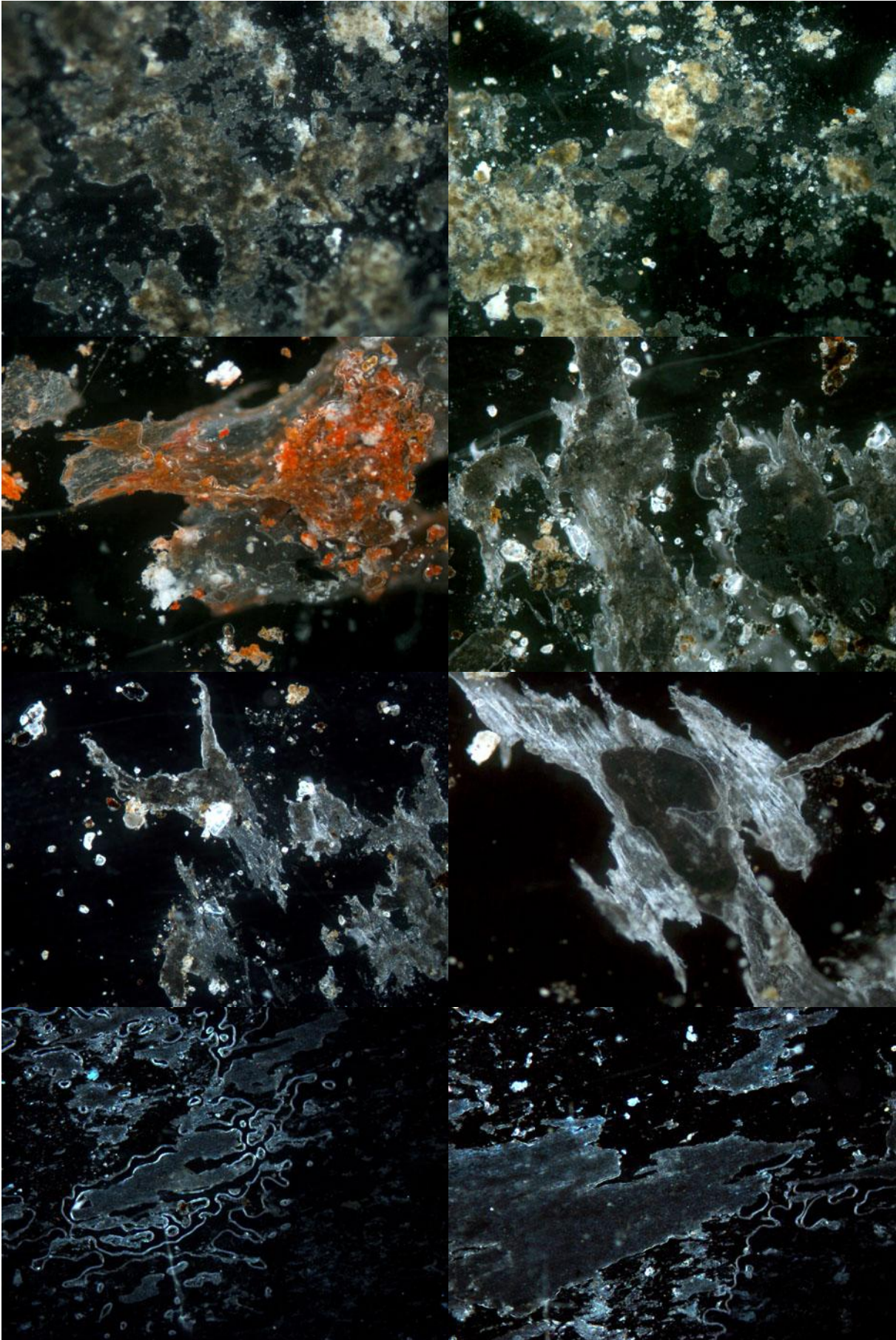


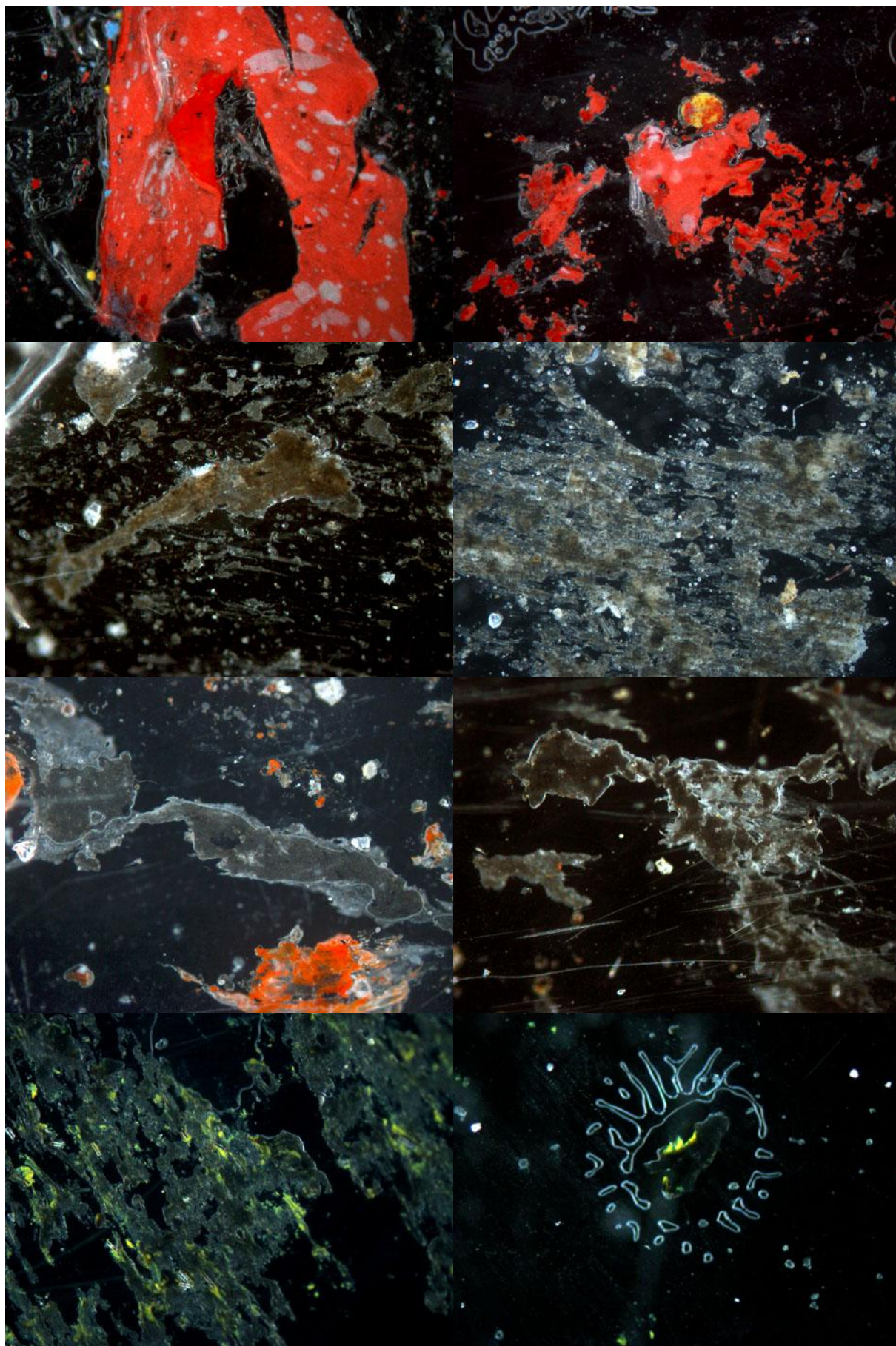


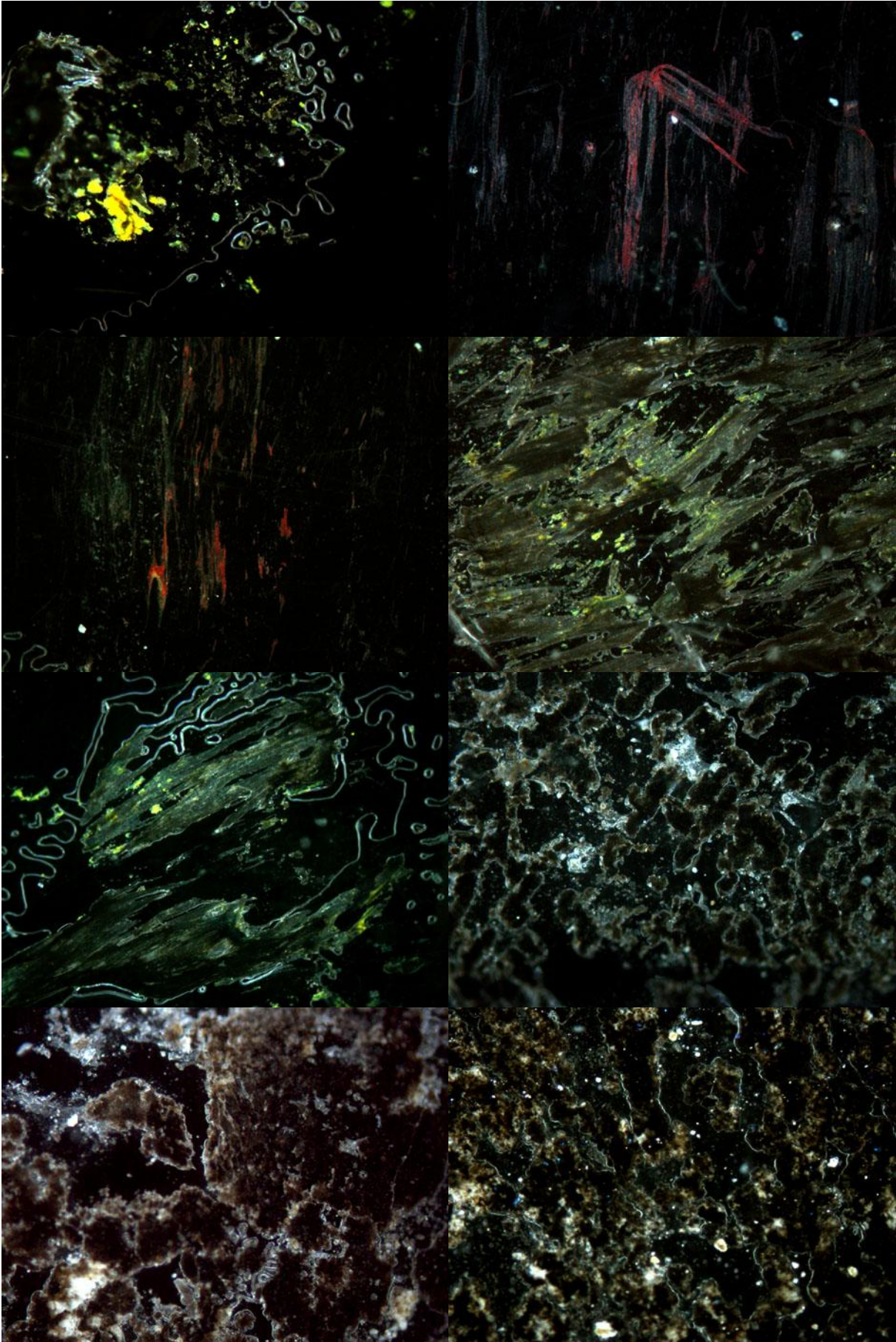
14.6. Pneumatiques et polymères plastiques automobiles

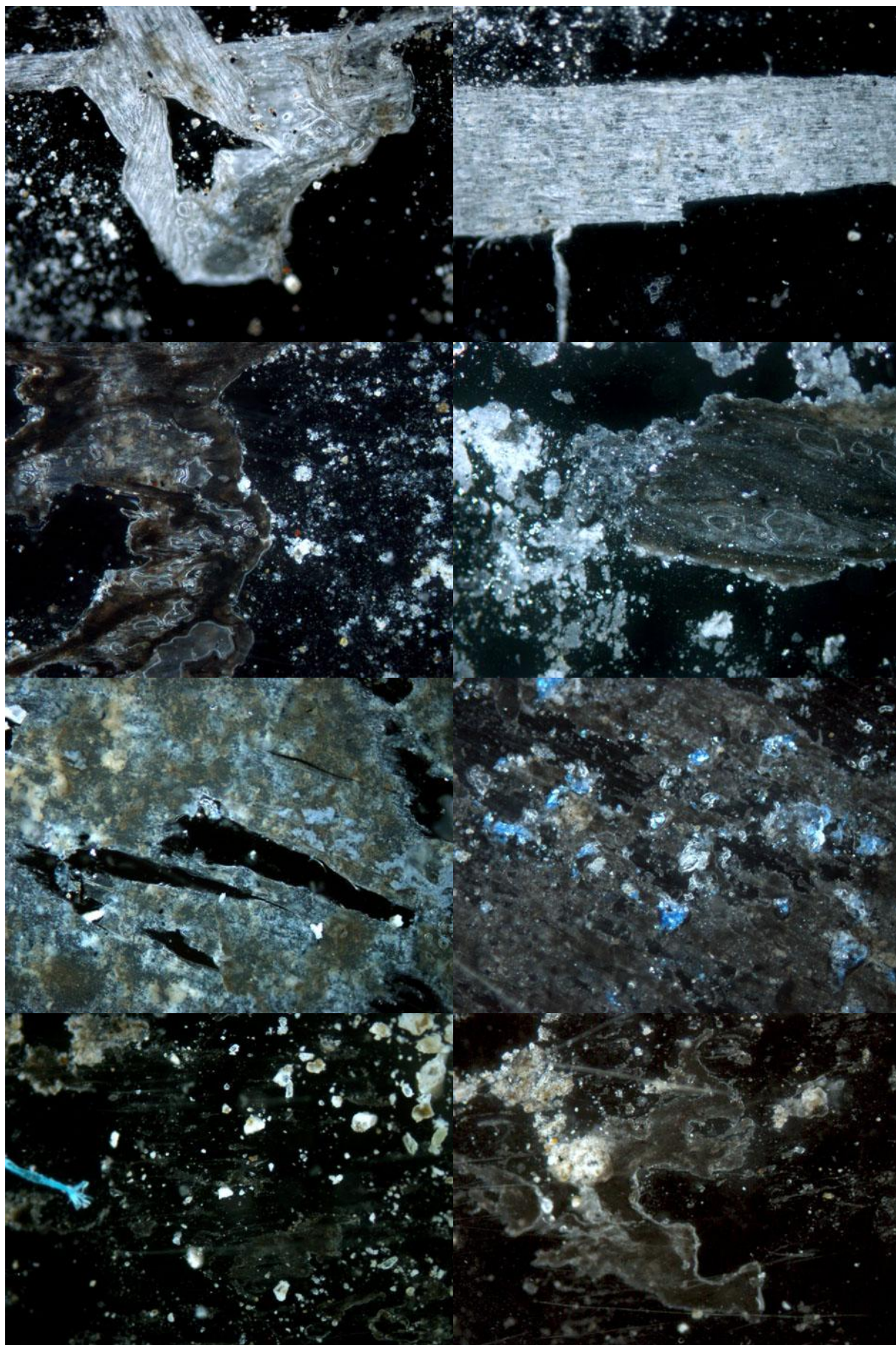
Sources : traces relevées sur des murs et des poteaux de parkings. Ces traces ont été laissées par des pneumatiques ou des parties plastiques, présentes sur des véhicules.

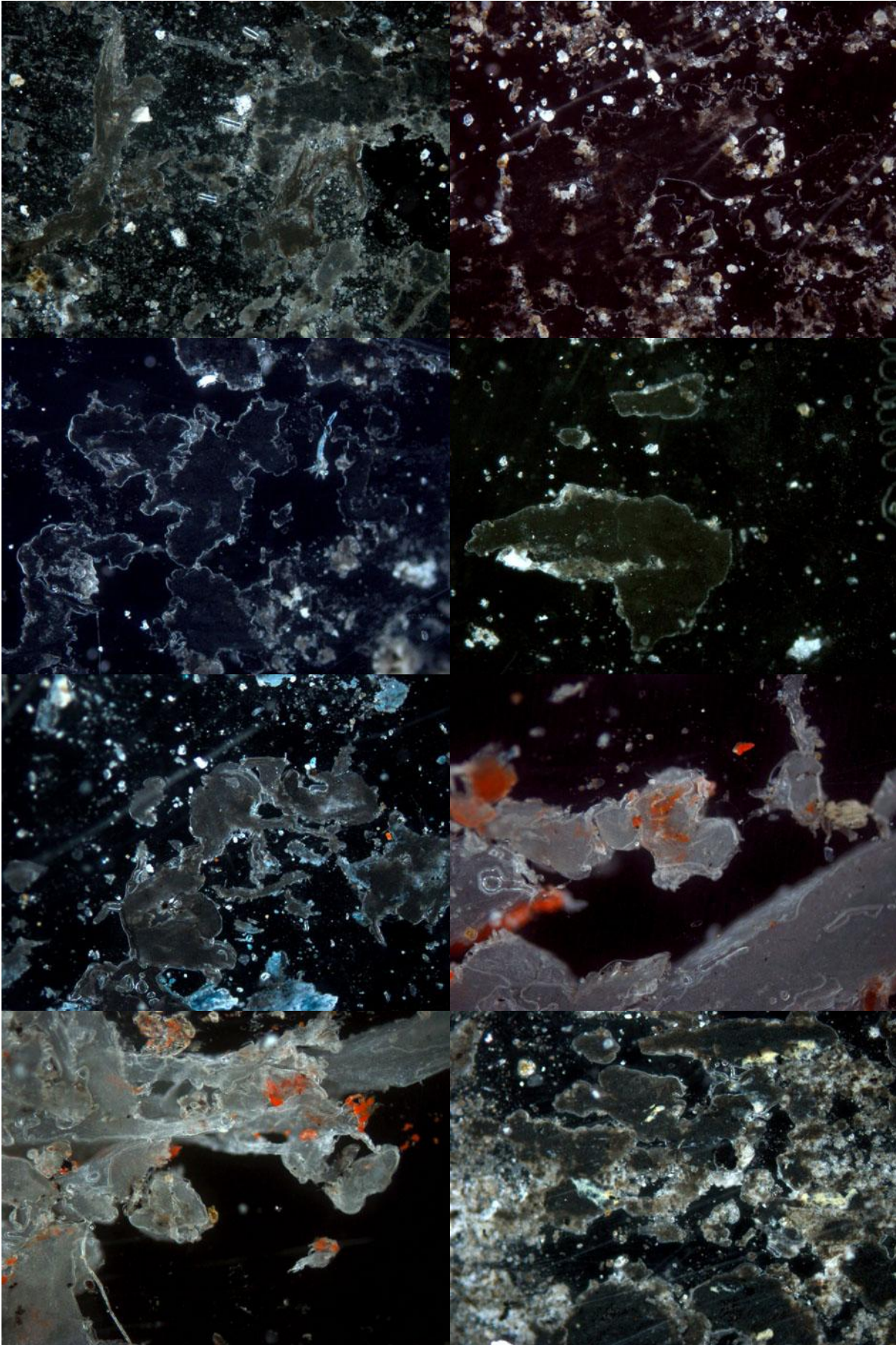


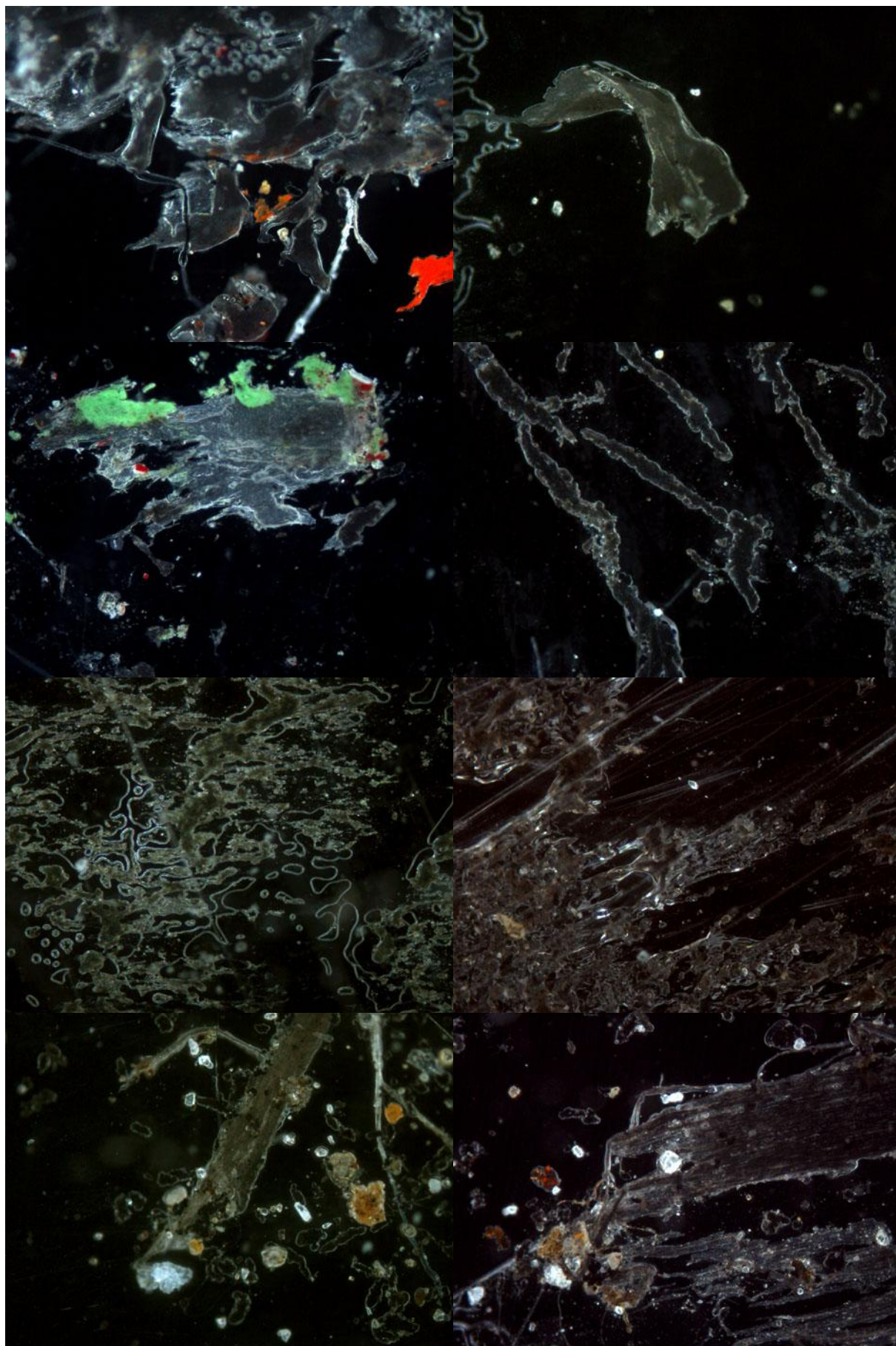


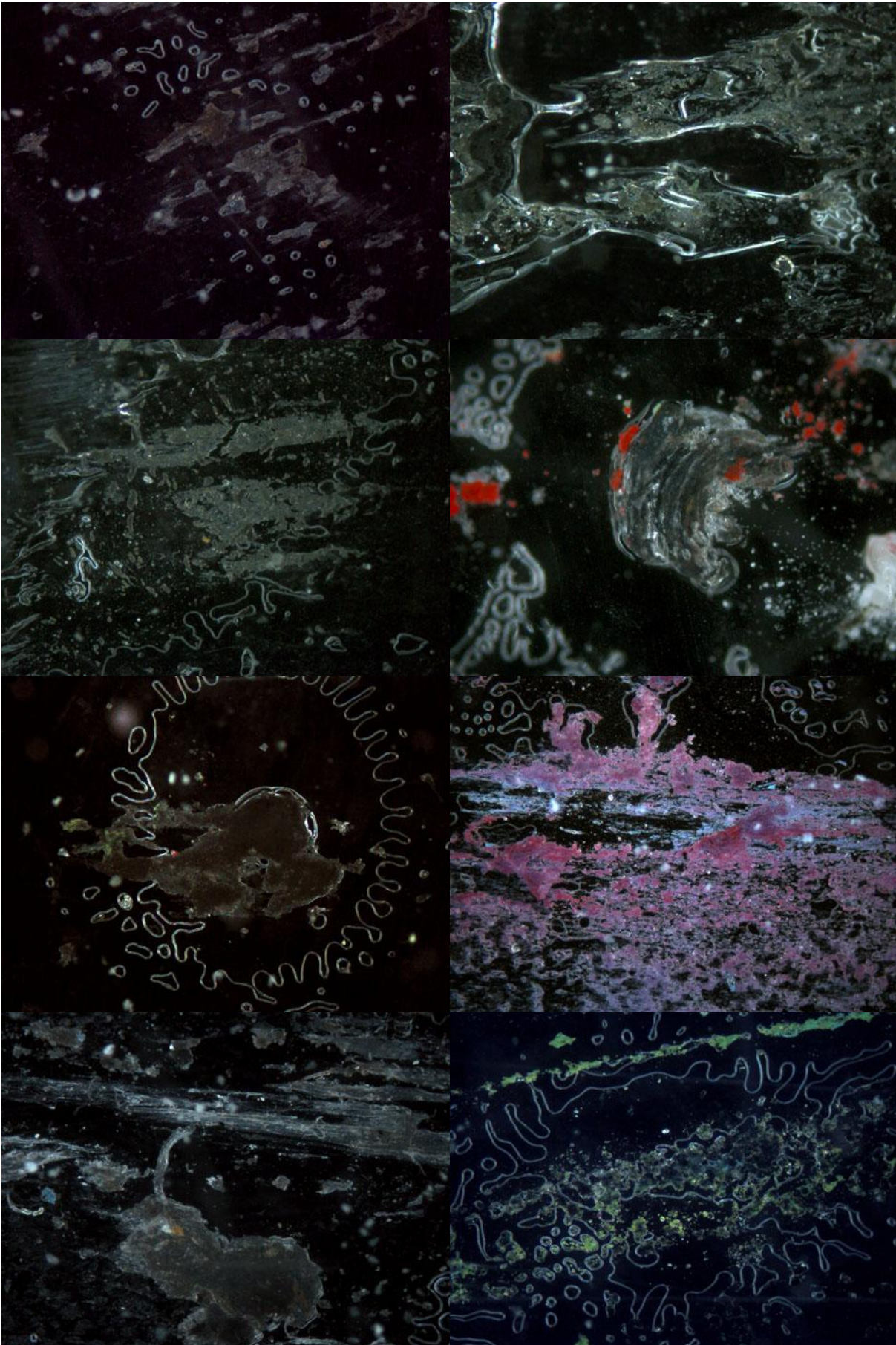


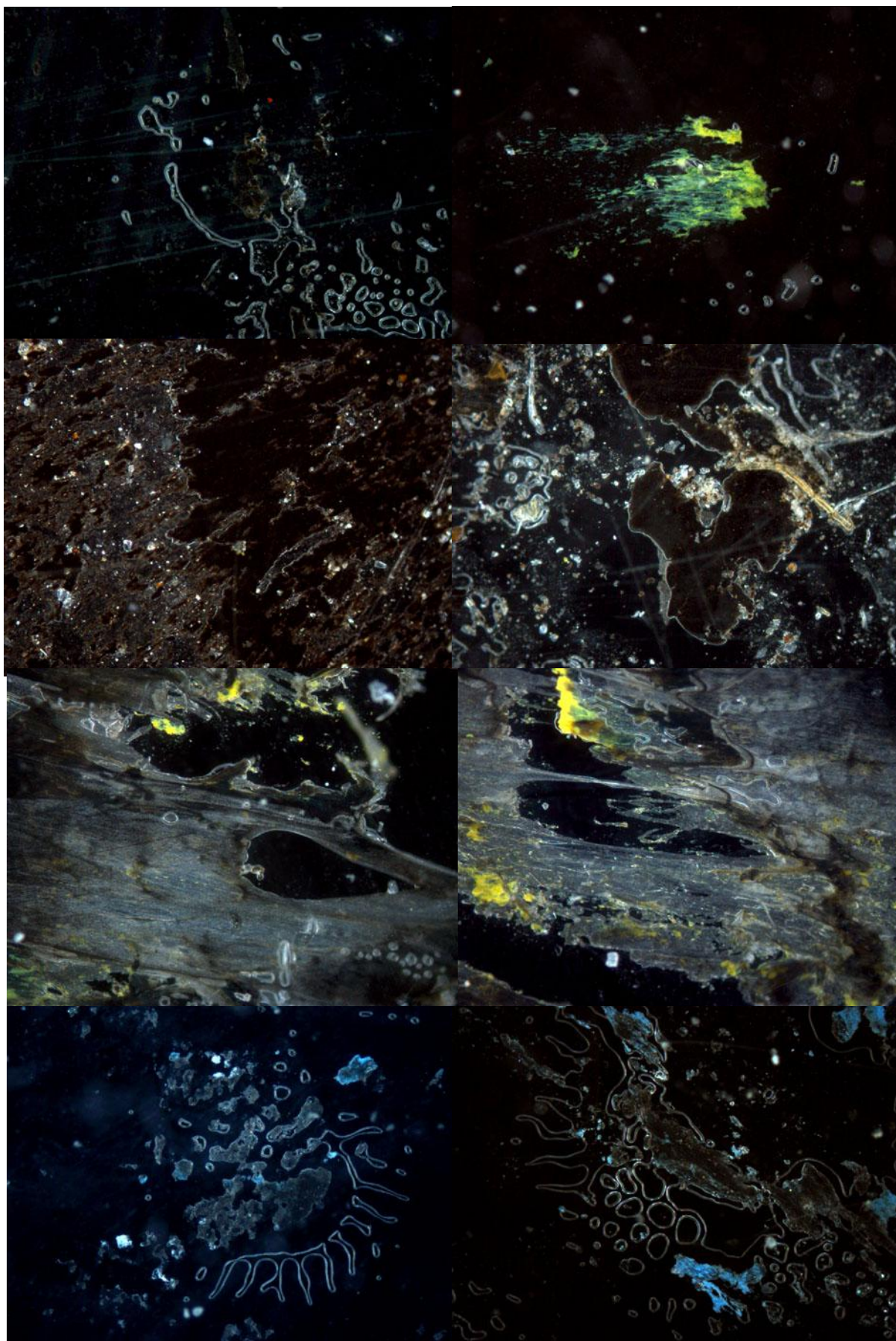






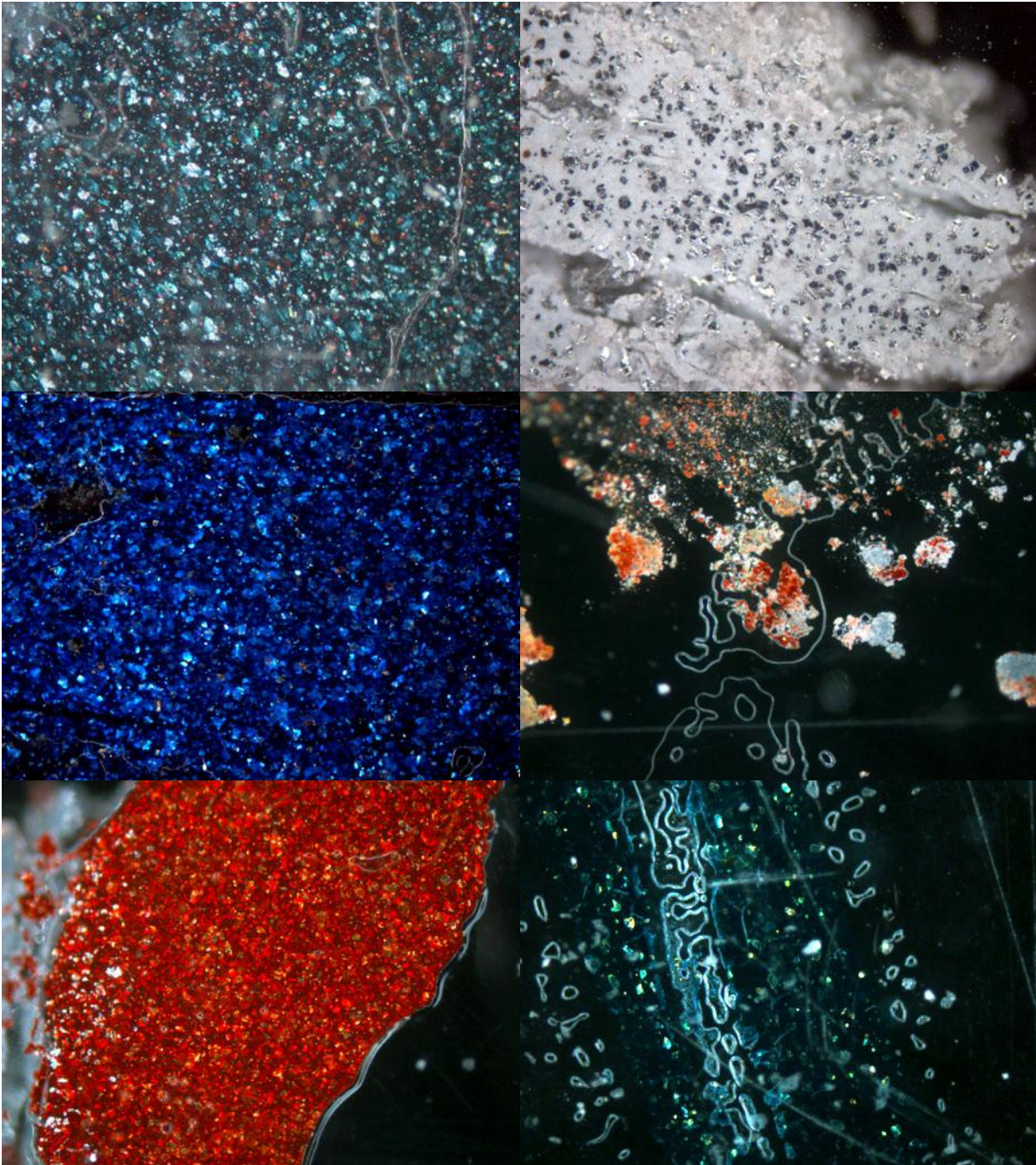


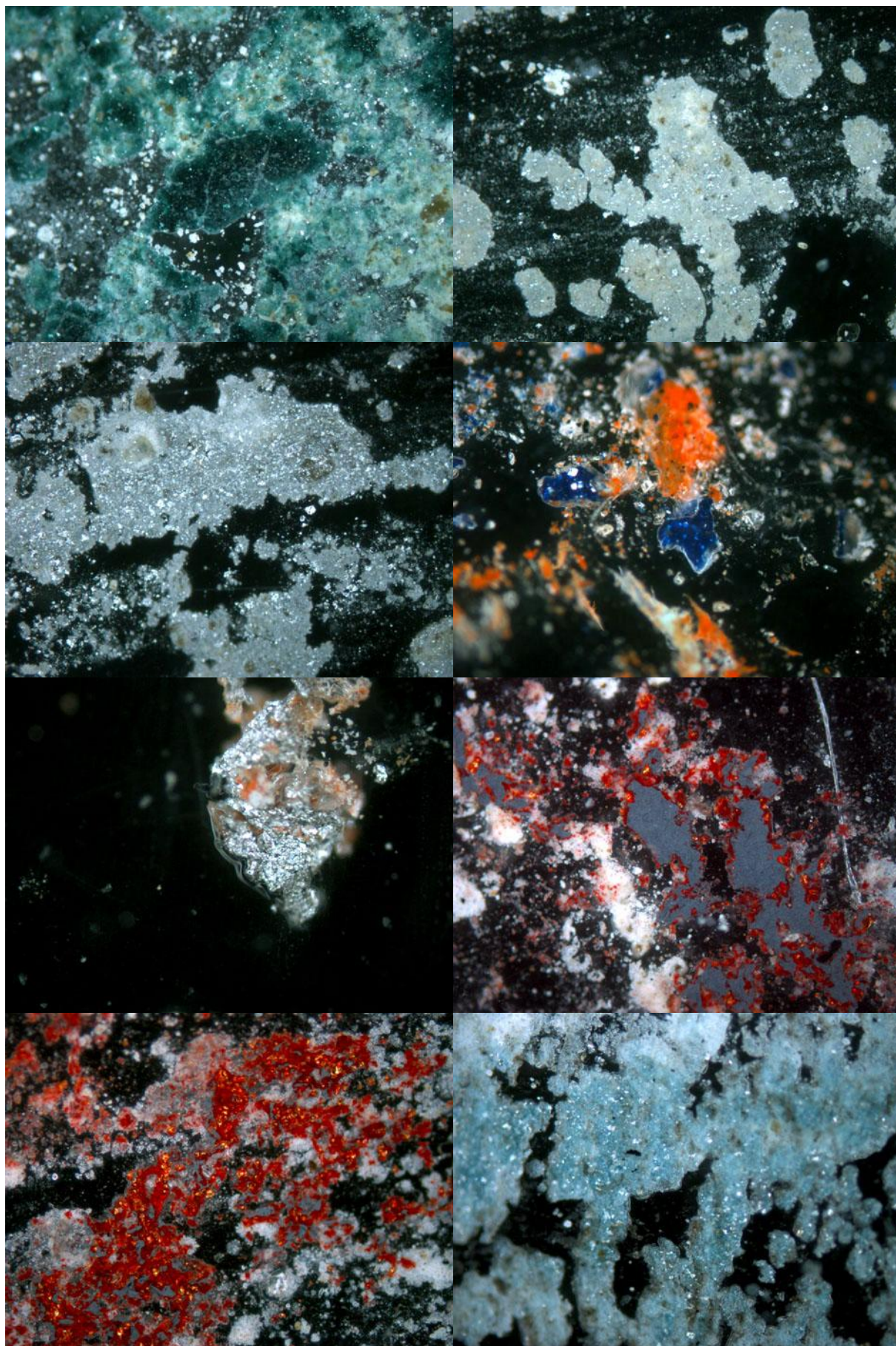


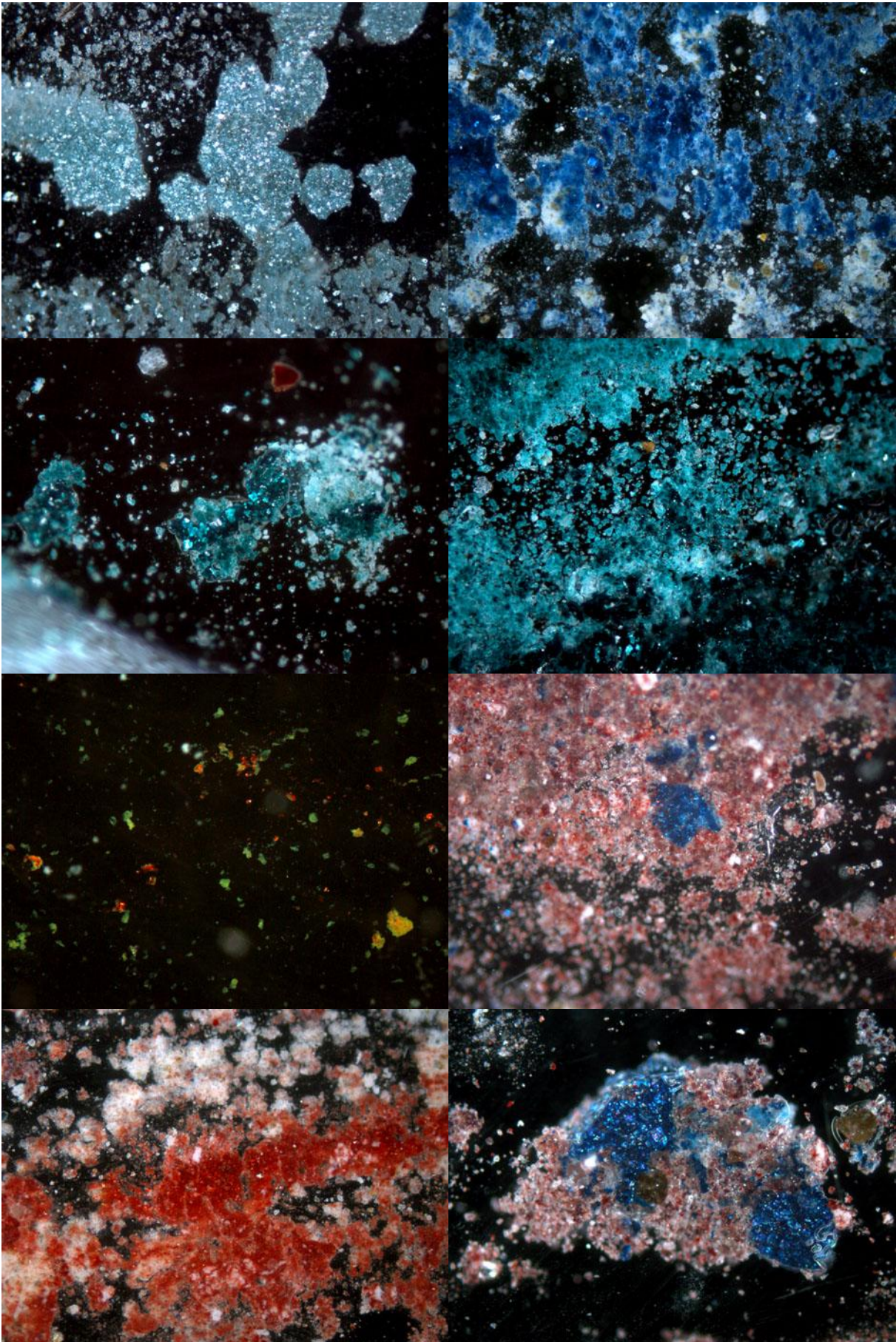


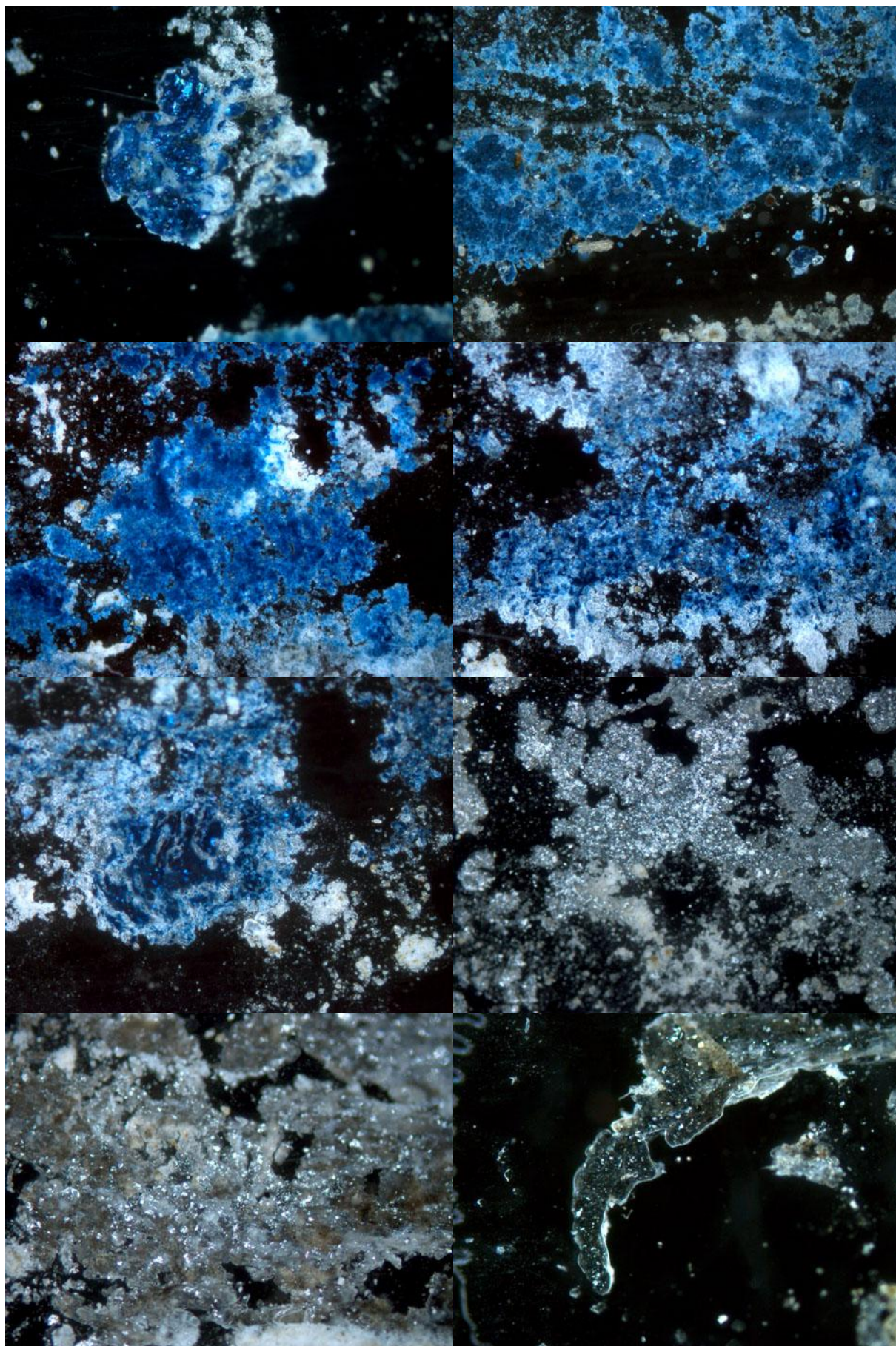
14.7. Peinture automobile métallisée

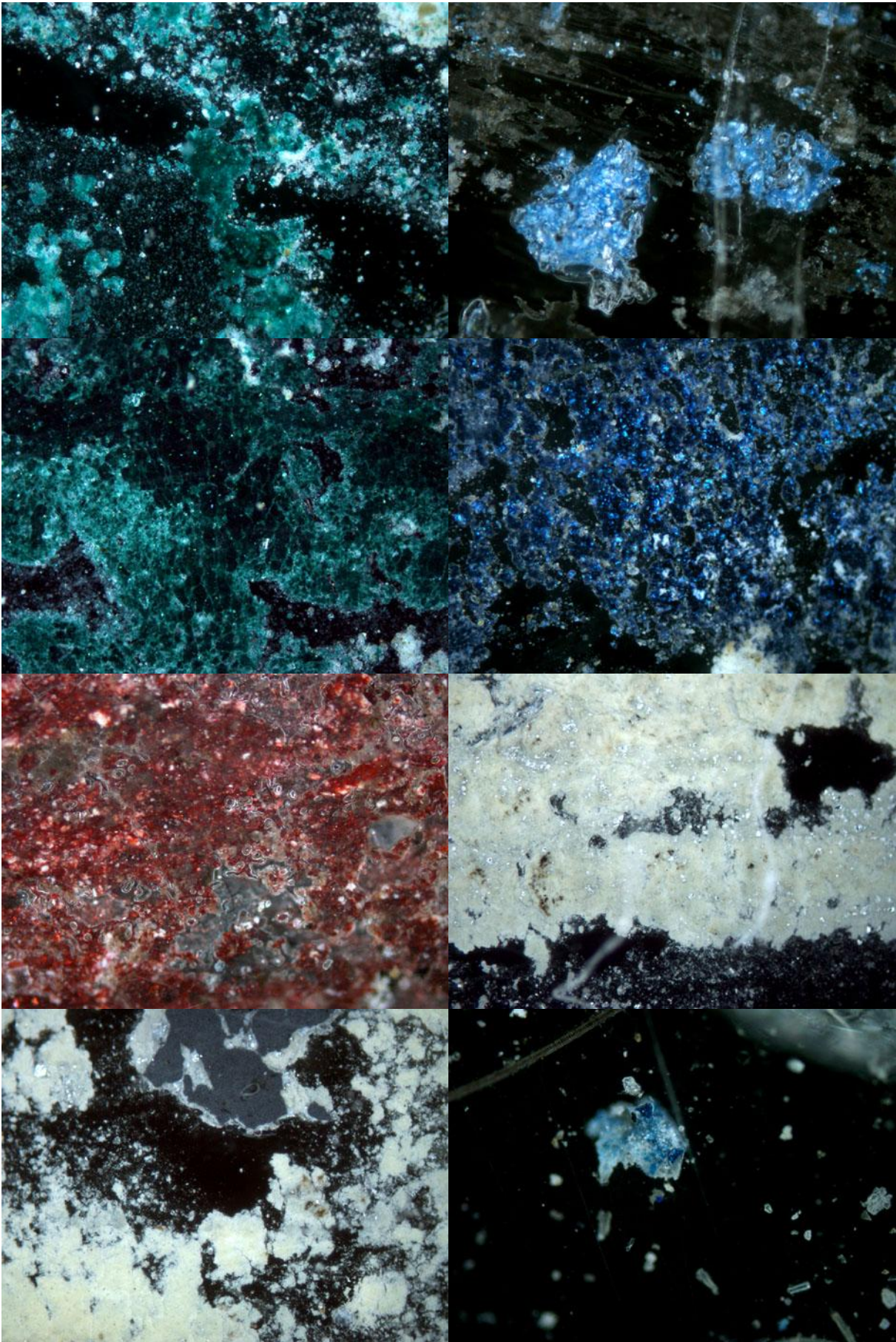
Sources : traces relevées sur des murs et des poteaux de parkings. Ces traces ont été laissées par des véhicules métallisés.

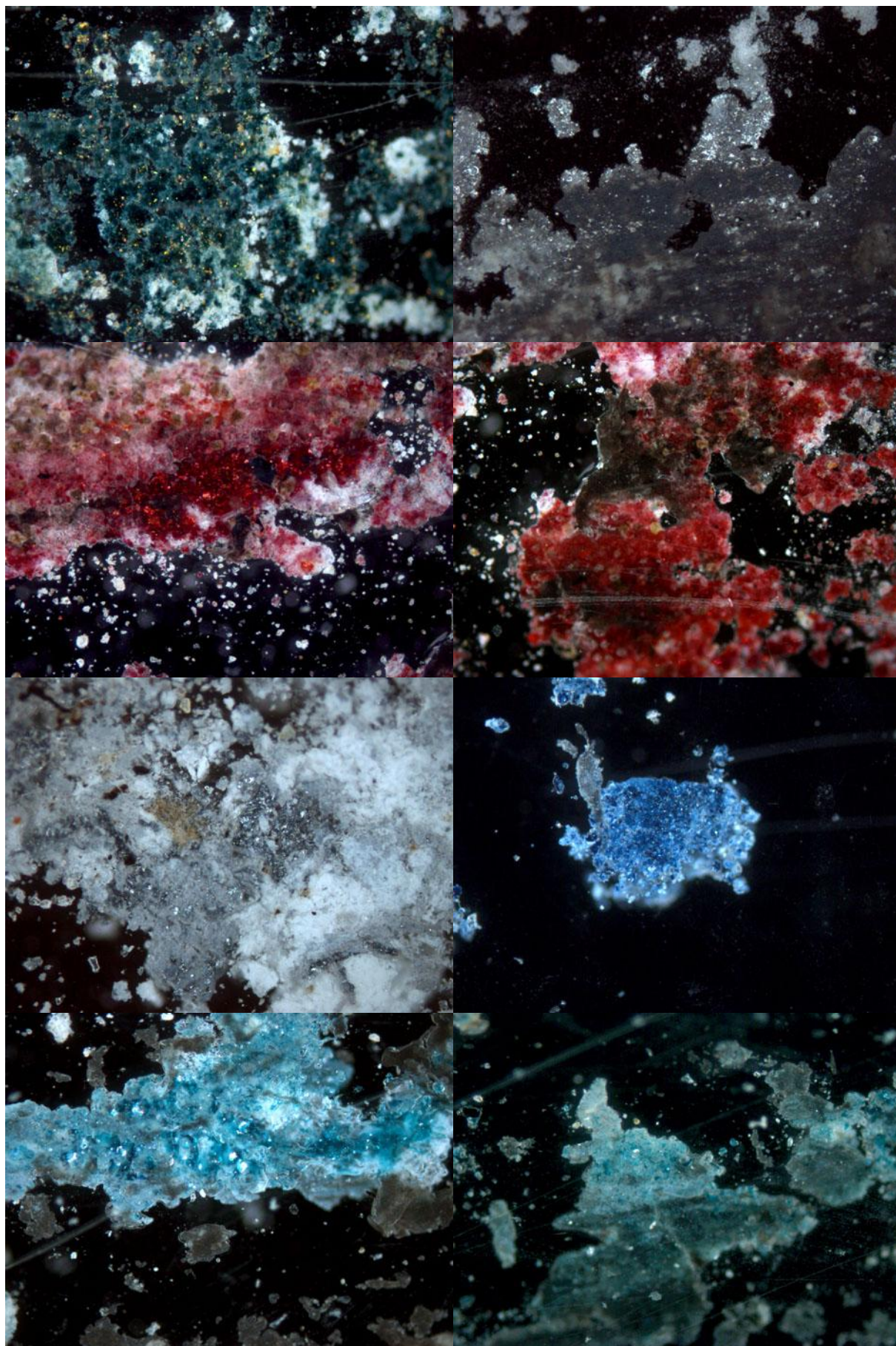


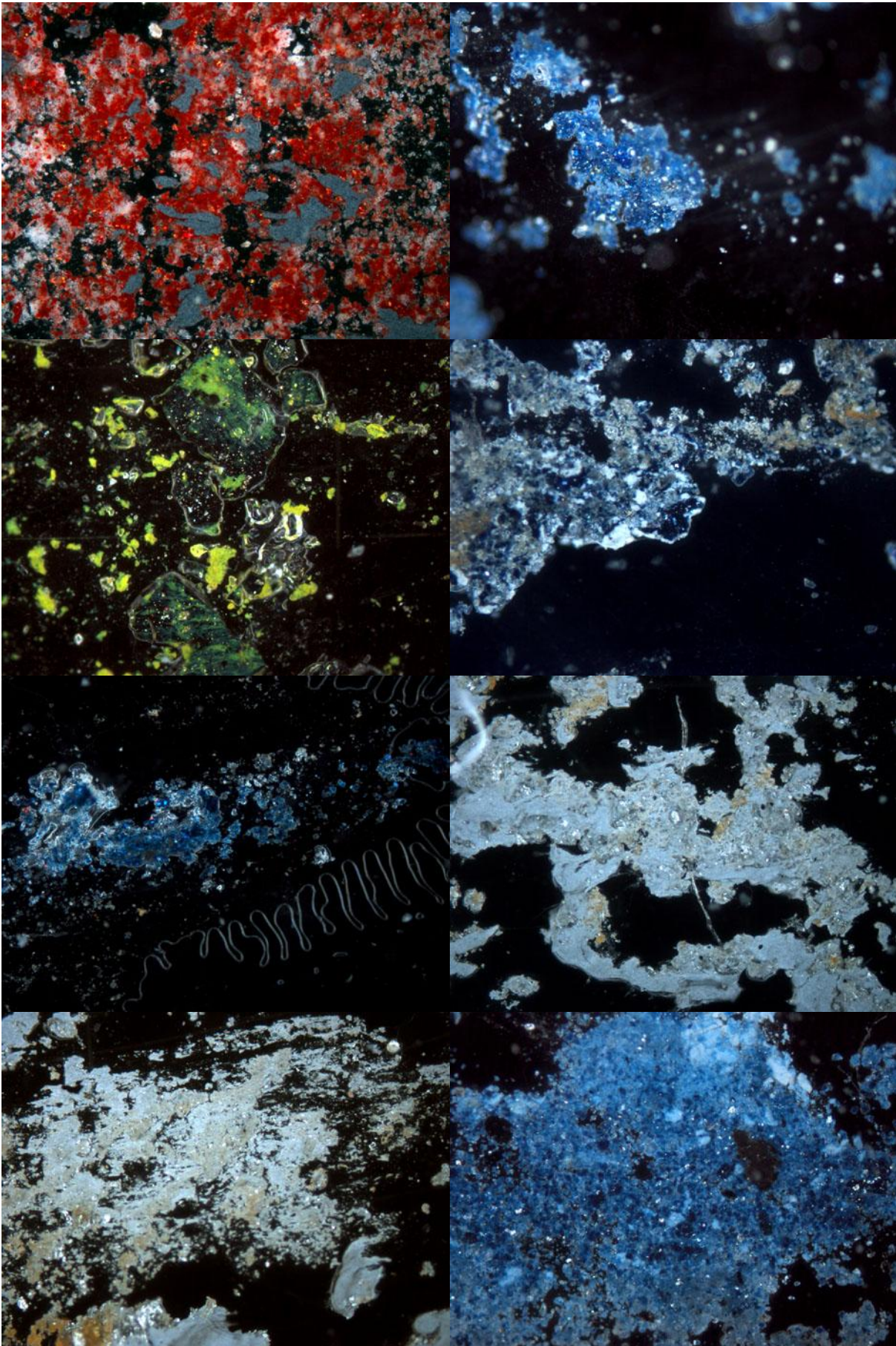


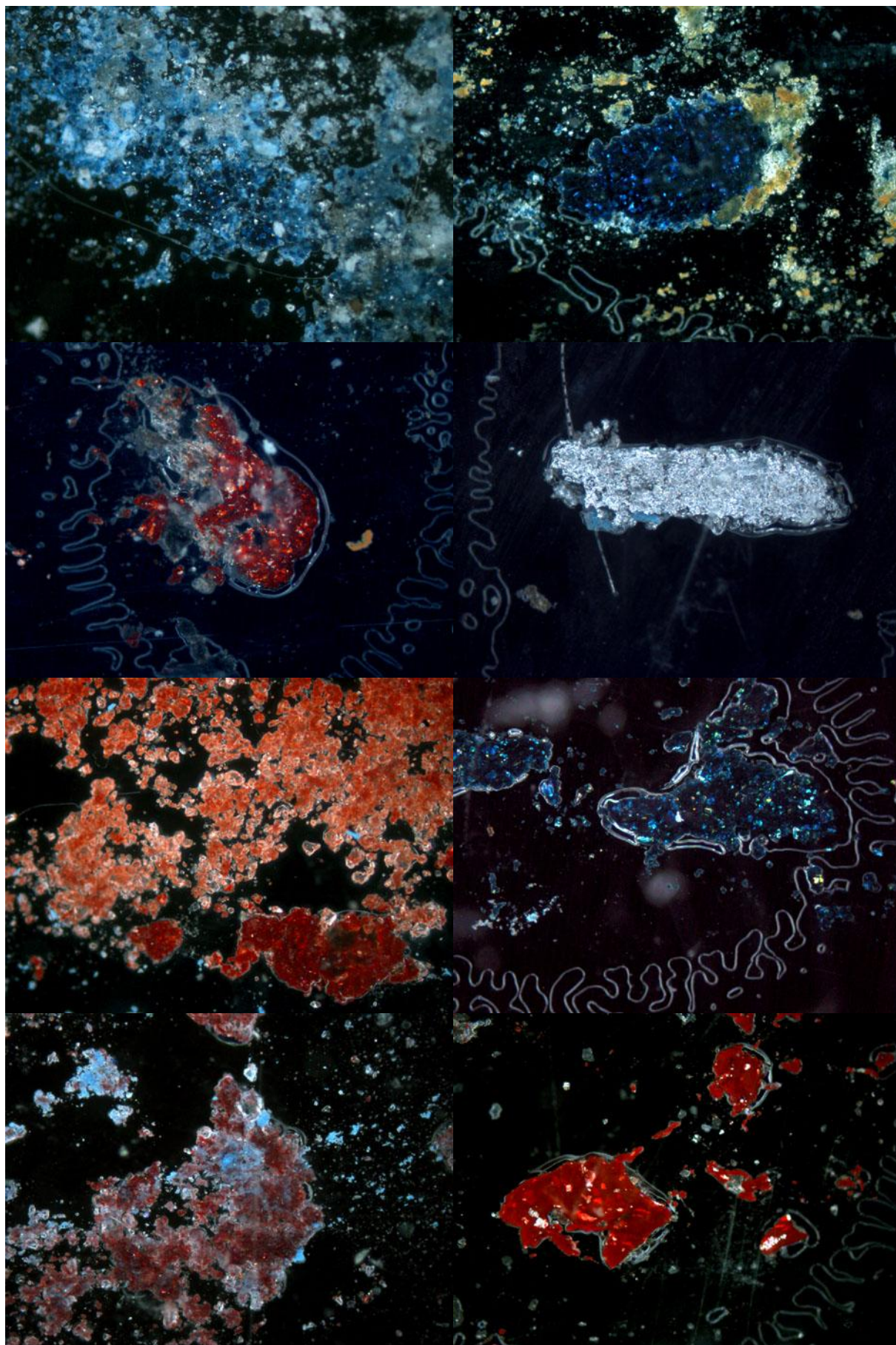


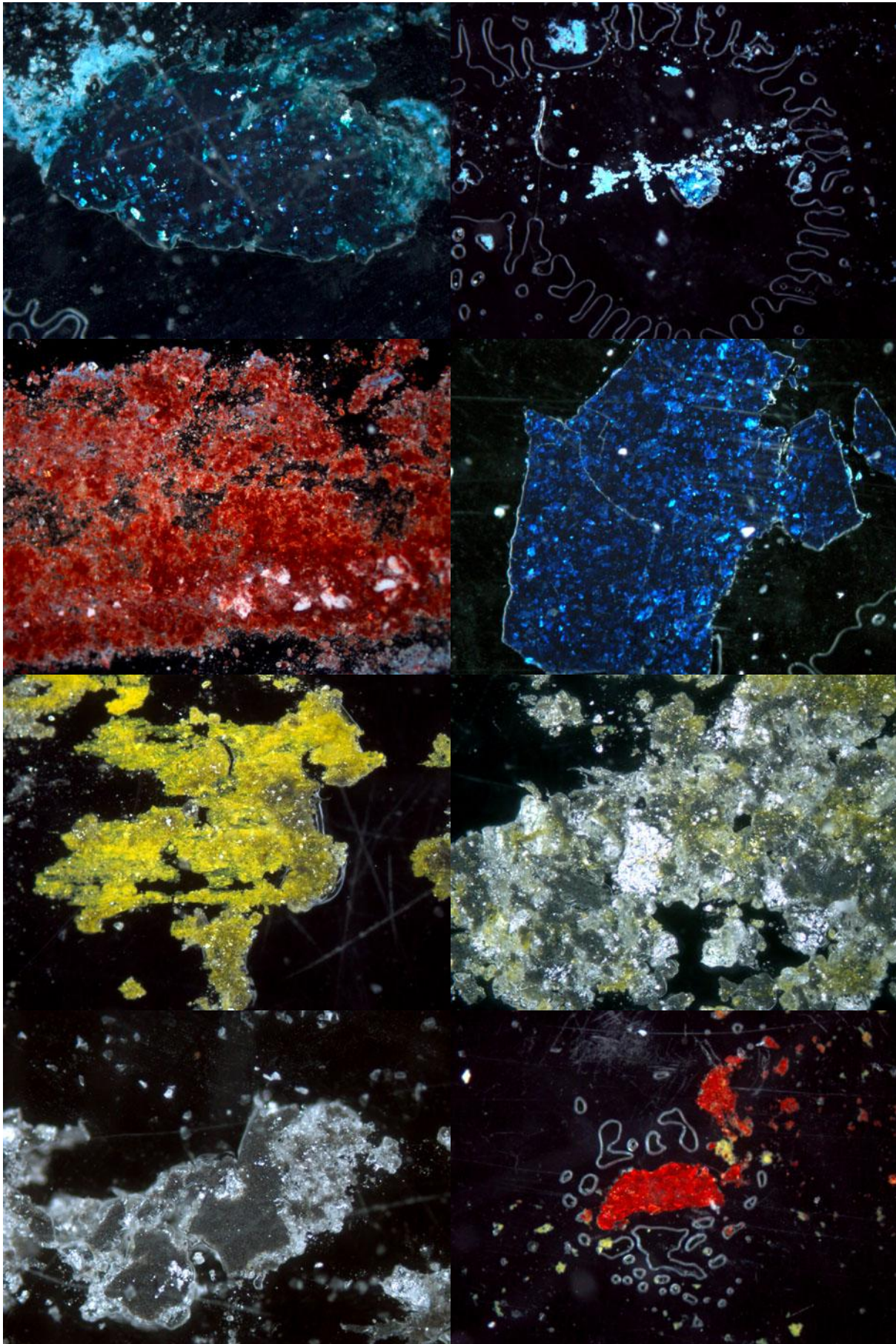


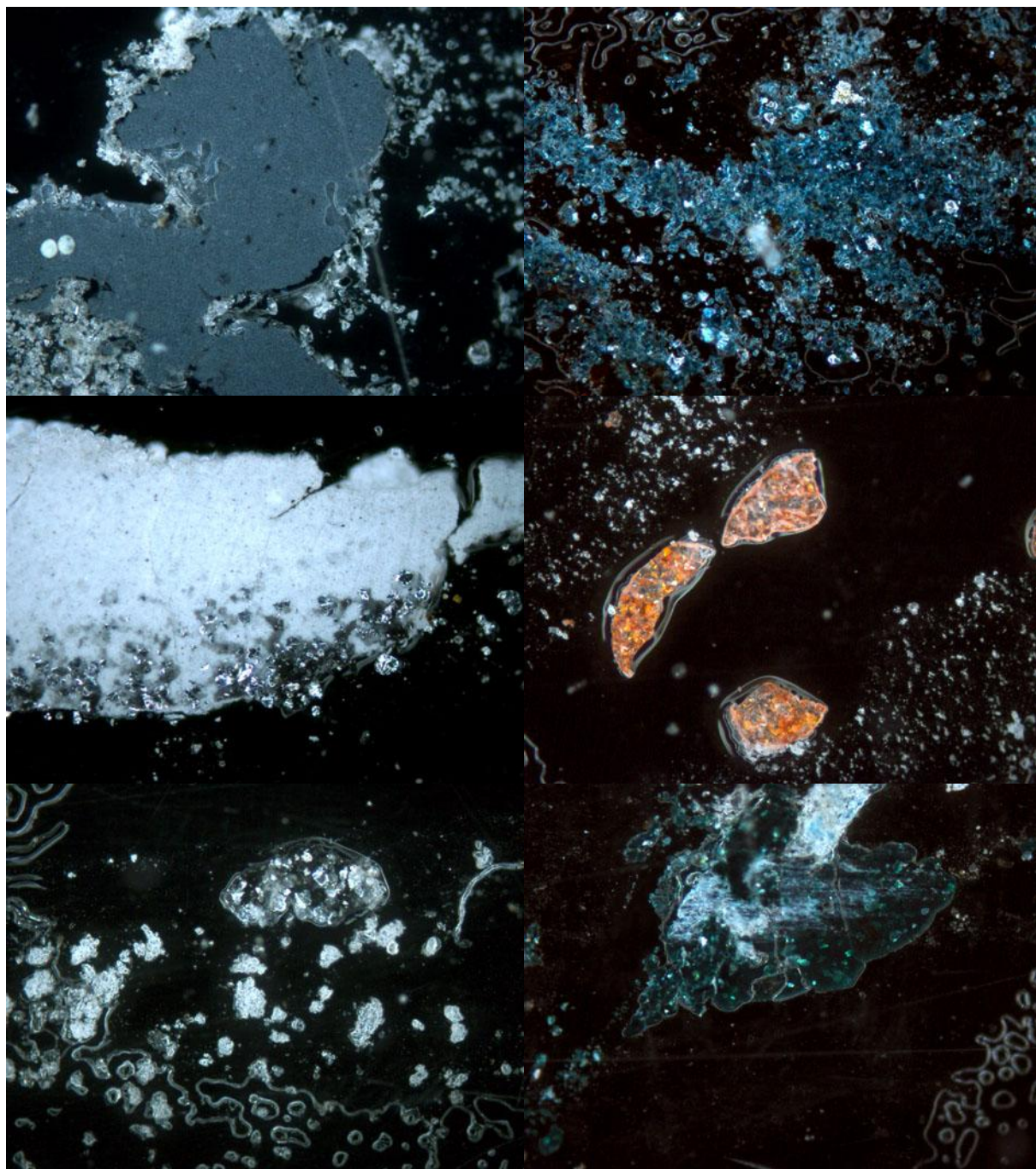


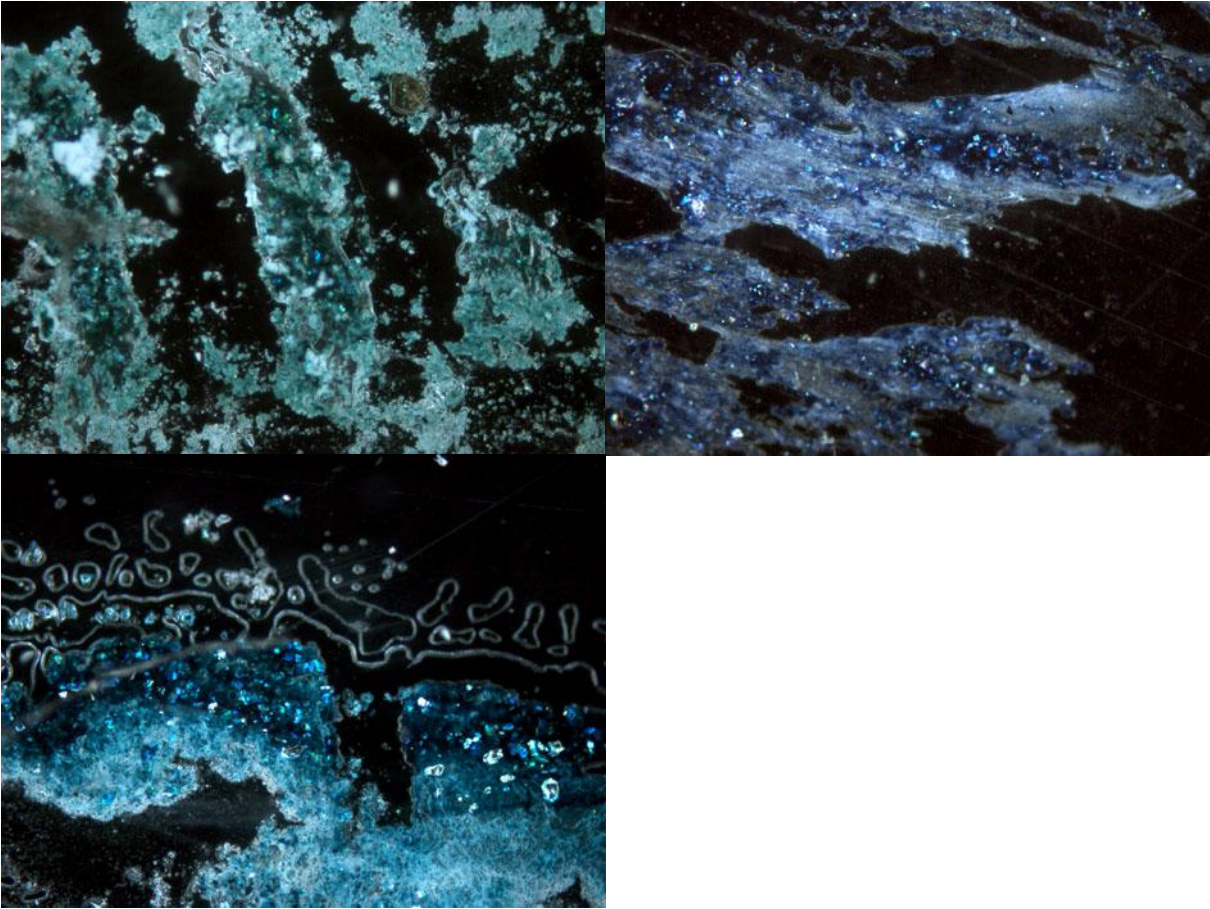






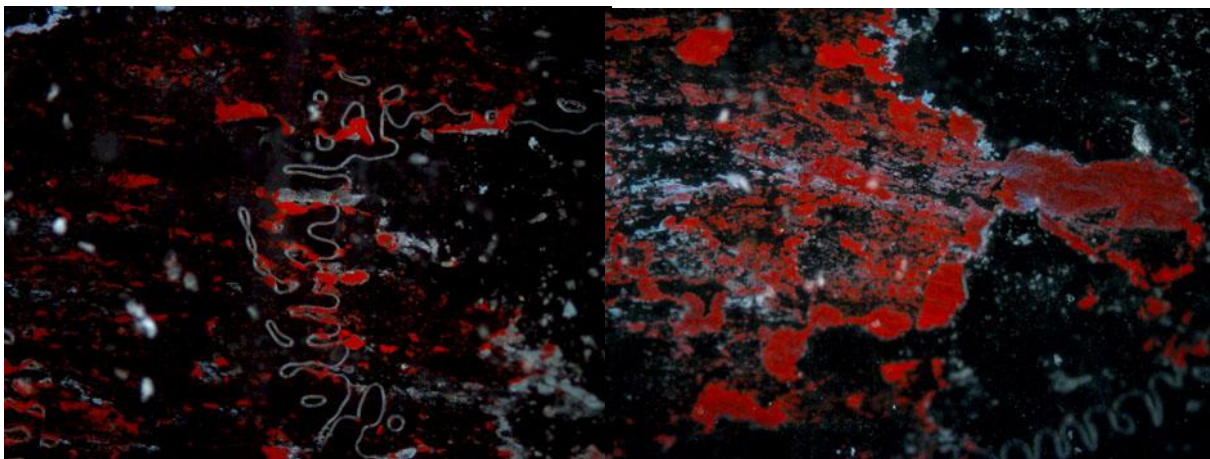


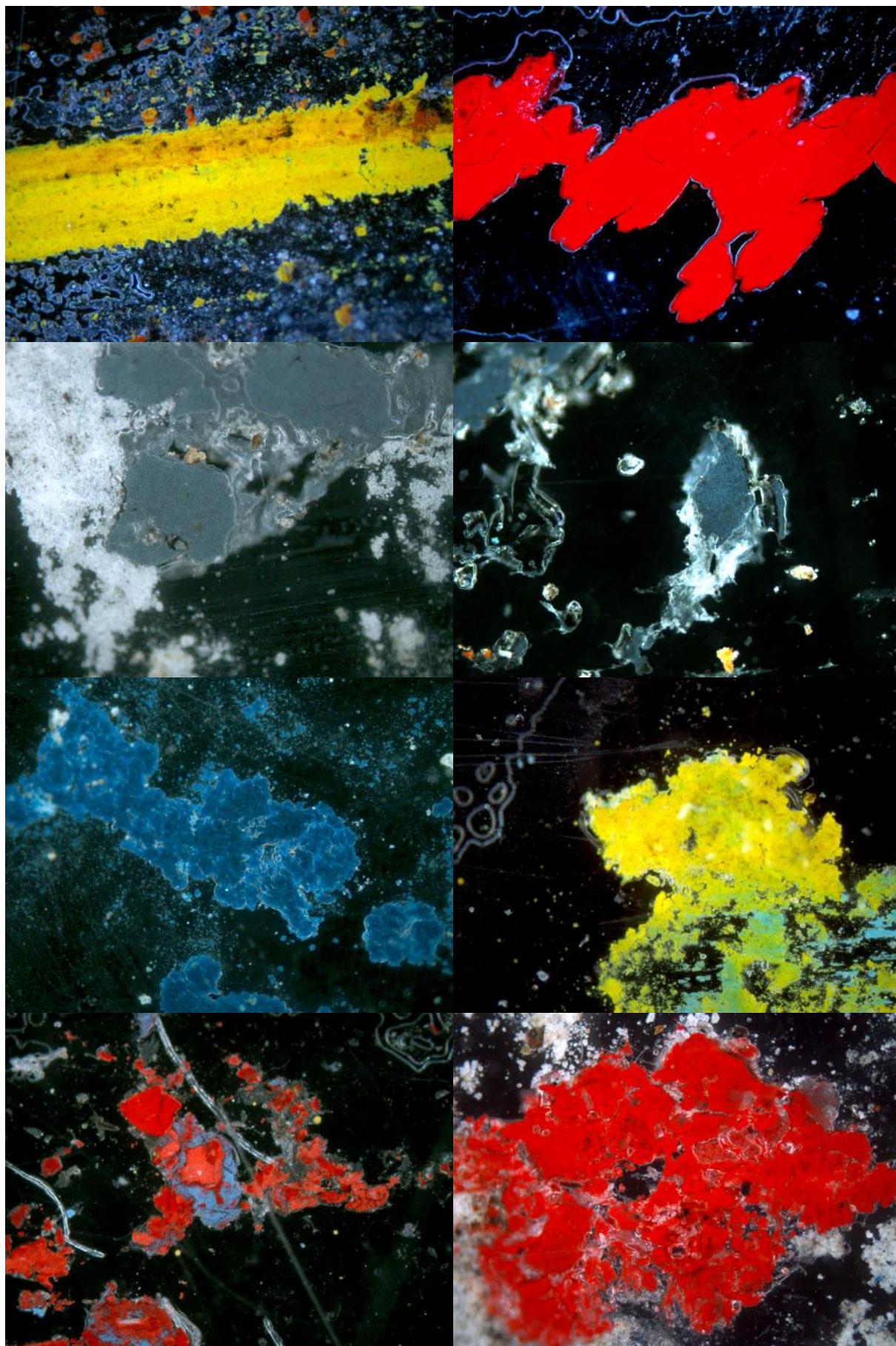


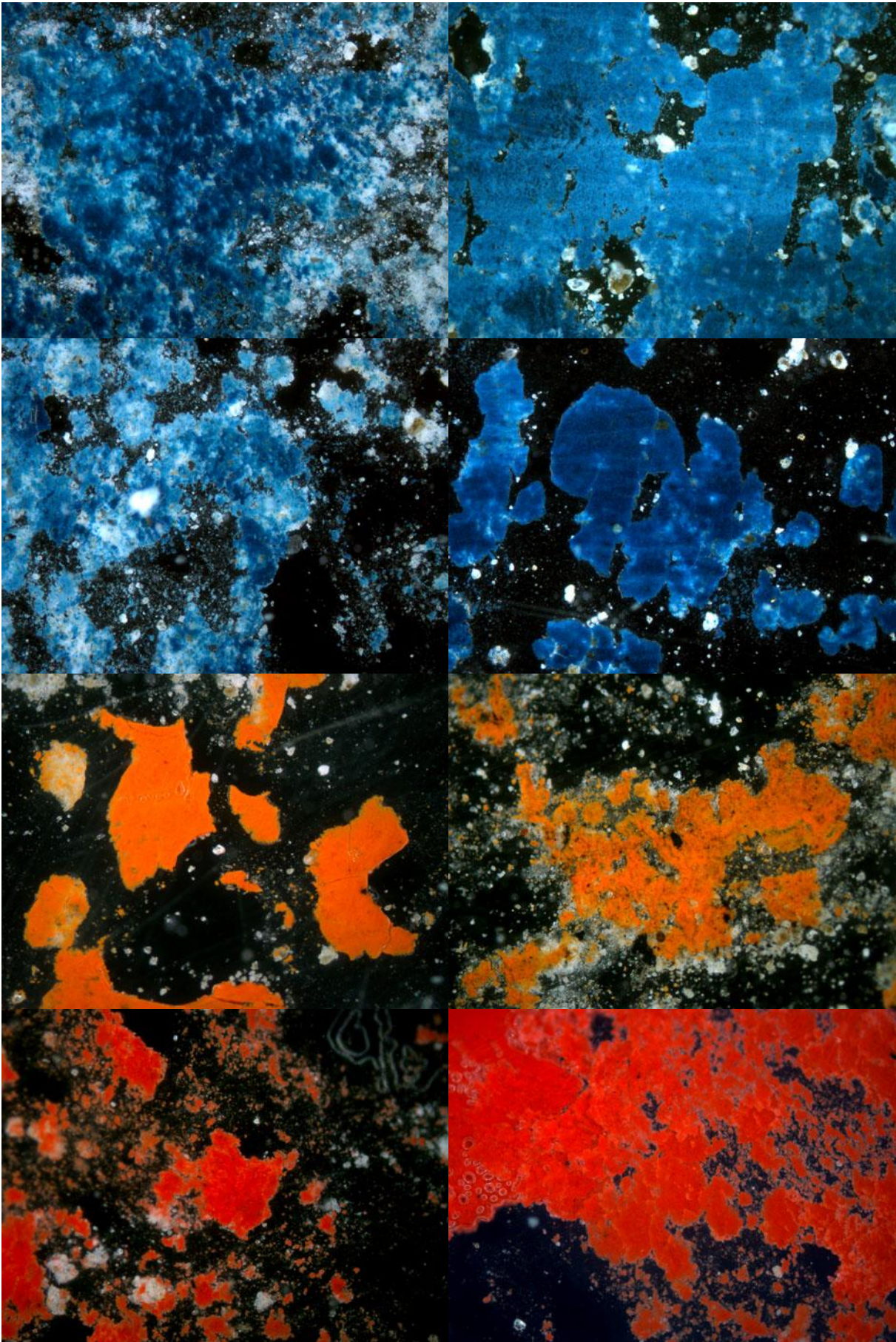


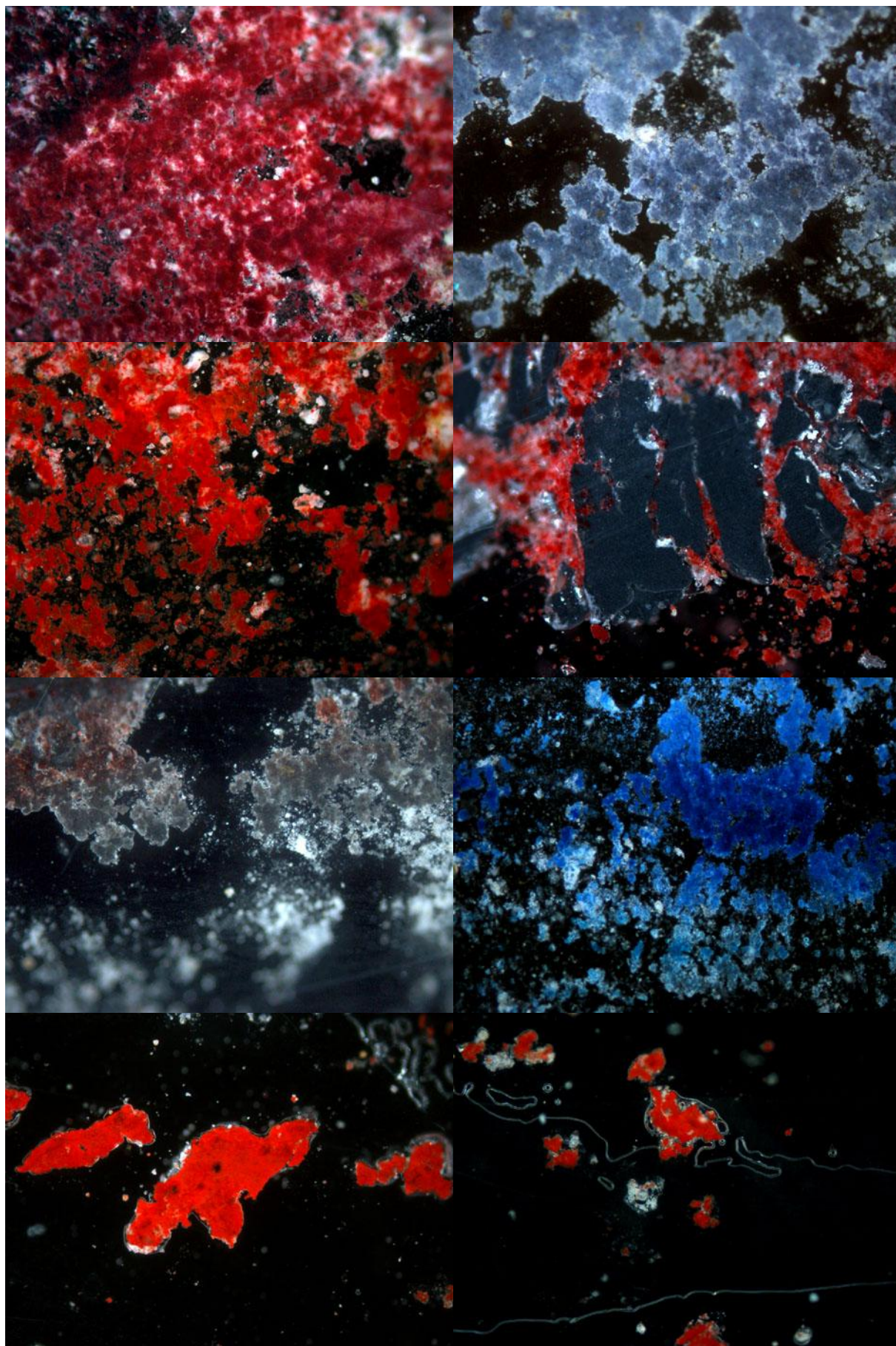
14.8. Peinture automobile unie

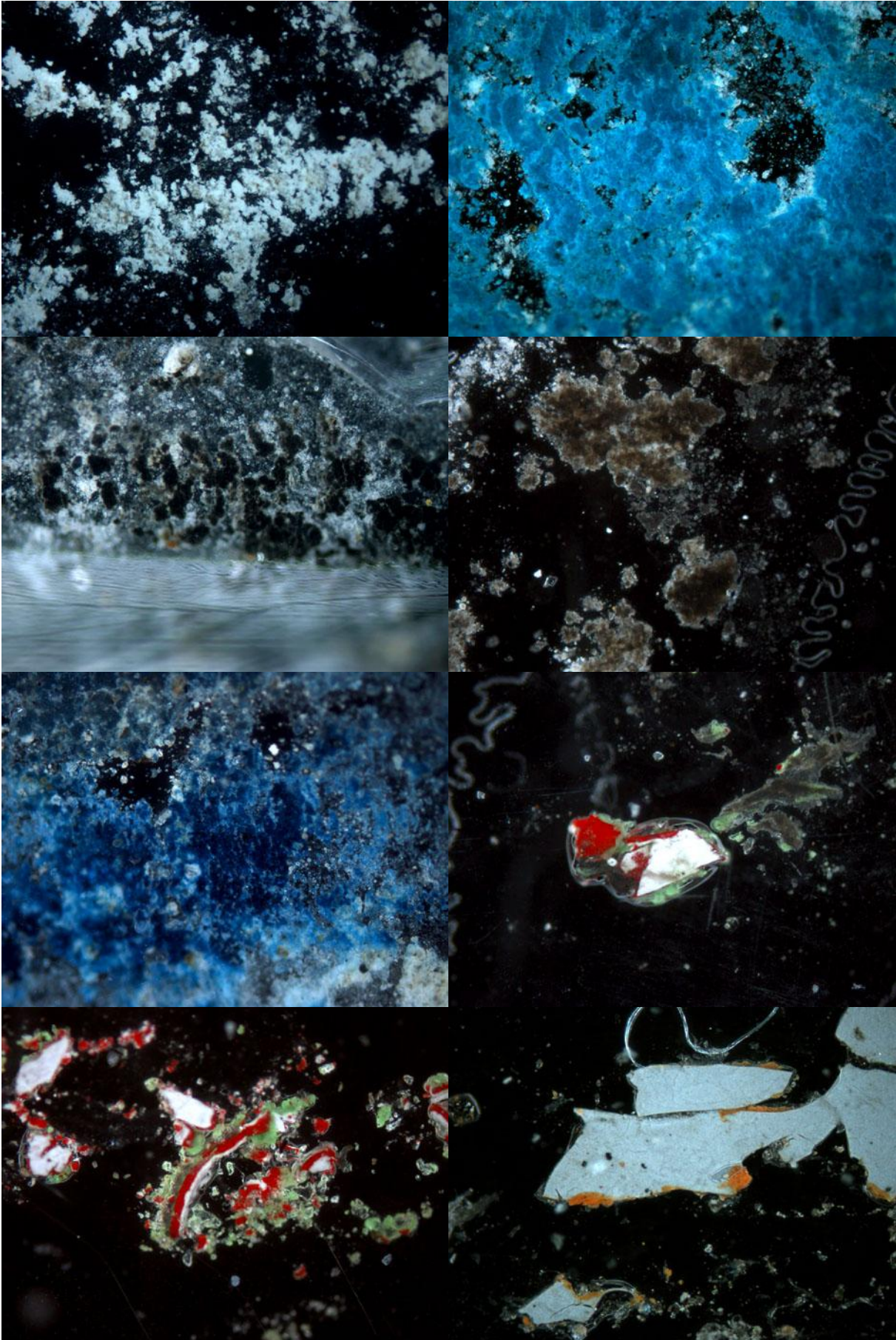
Sources : traces relevées sur des murs et des poteaux de parkings. Ces traces ont été laissées par des véhicules unis.

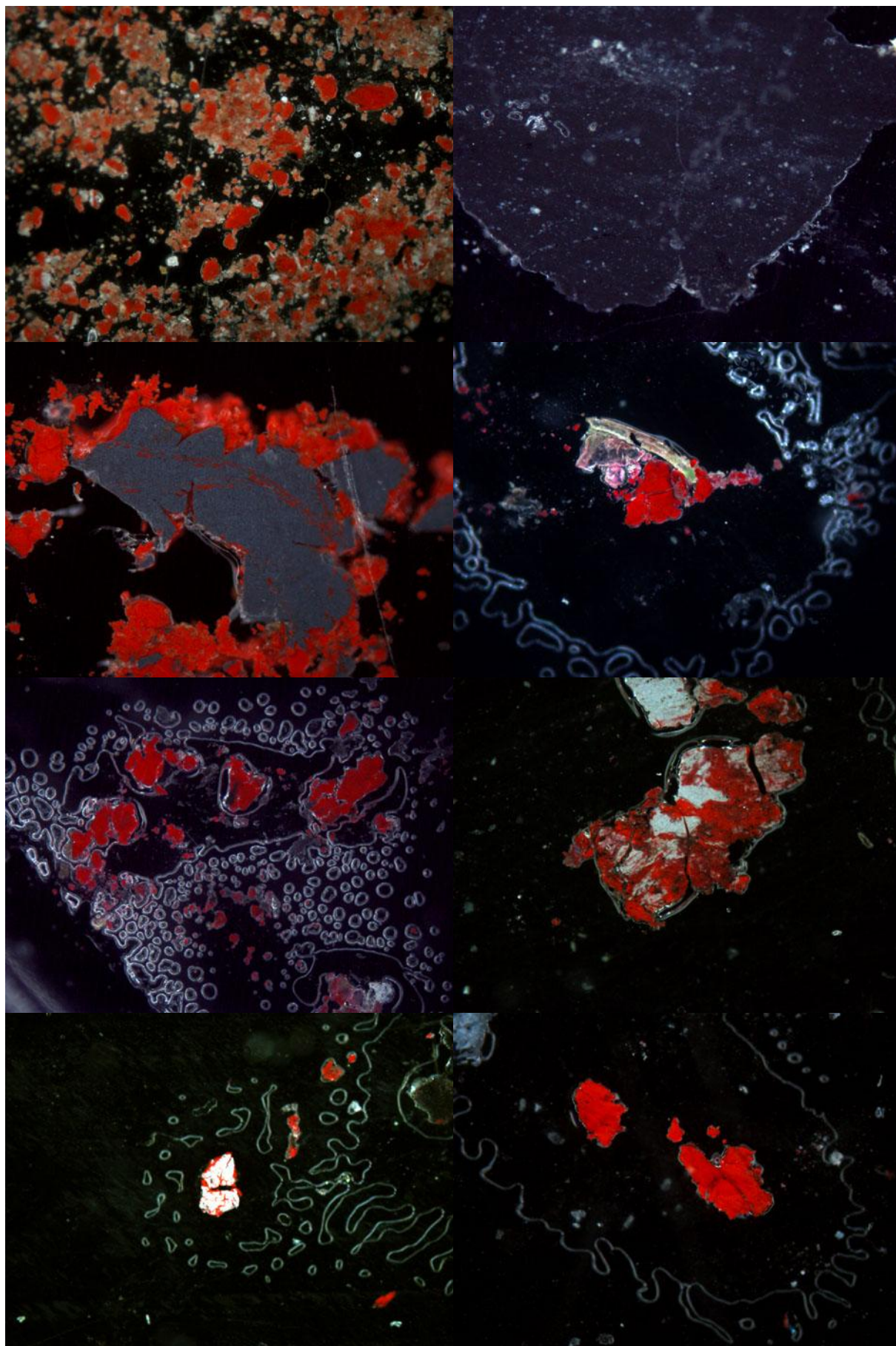


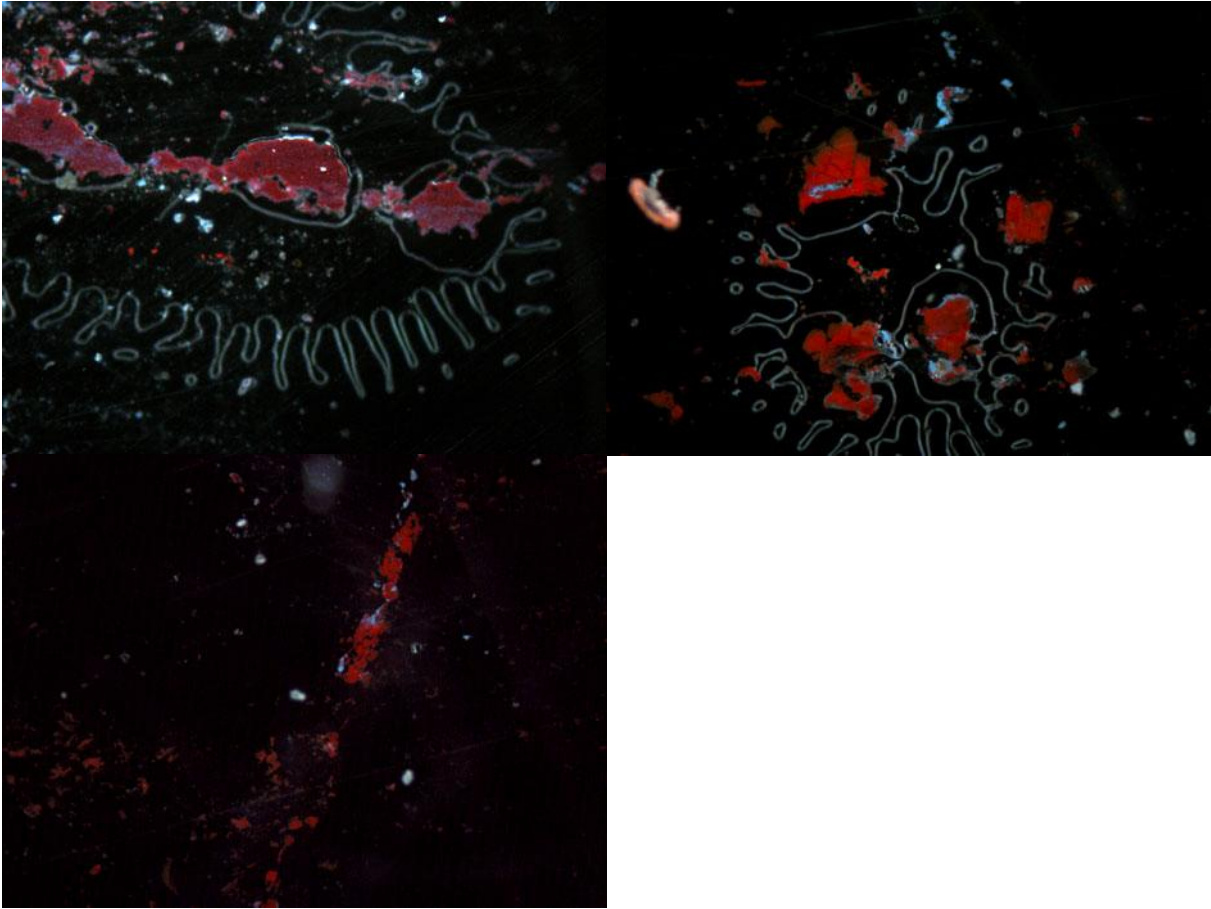












15. ANNEXE 5 - TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS ANALYTIQUES

15.1. Analyse FTIR des revêtements de parkings lausannois

N°	Provenance	Couleur	Remarque	Composition (FTIR)	Confusion possible avec un polymère ou une peinture d'origine automobile
1	Centre	gris	Mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TiO ₂	non
2	Centre	blanc	mur - peinture	ALK OPH+TiO ₂	oui
3	Centre	gris	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TiO ₂	non
4	Centre	blanc	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TiO ₂ +STY	non
5	Centre	gris foncé	mur - peinture	ALK OPH+TiO ₂	oui
6	Simplon Gare	blanc	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TiO ₂ +TAL C	non
7	Simplon Gare	gris	mur - peinture	ACR+TiO ₂ + BaSO ₄	non
8	Simplon Gare	noir	poteau sortie - plastique	ALK TER	non
9	Simplon Gare	rouge	Scotch 3M sur poteau sortie - plastique	Poly(methyl methacrylate)	non
10	Simplon Gare	bleu	borne ticket sortie - peinture	(ACR+PUR+STY+TALC)	non
11	Belle Fontaine	blanc	mur - peinture	(ACR+CaCO ₃ +TiO ₂ +TAL C)	non

12	Belle Fontaine	rouge	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +STY+TALC	non
13	Belle Fontaine	bleu	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TALC	non
14	Belle Fontaine	vert	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TALC	non
15	Belle Fontaine	jaune	mur - peinture	ACR+CaCO ₃ +TALC+S	non
16	Belle Fontaine	rouge	borne ticket sortie - plastique	(STY+TALC+BaSO ₄)	non
17	Belle Fontaine	rouge	borne barrière sortie - plastique	(PUR+TALC+STY+BaSO ₄)	non
18	Belle Fontaine	rouge	scotch 3M sur poteau métallique sortie - plastique	Poly(methyl methacrylate)	non
19	Belle Fontaine	rouge	poteau sortie - plastique	ALK TER	non
20	Belle Fontaine	blanc	scotch 3M sur poteau sortie - plastique	Poly (methyl methacrylate)	non
21	Belle Fontaine	rouge	glissière métallique - peinture	ACR+CaCO ₃ +STY+(QU ARTZ)	non
22	Belle Fontaine	blanc	glissière métallique - peinture	ACR+CaCO ₃ +TiO ₂ +(QU ARTZ)	non
23	Mon Repos	blanc	mur - peinture	ACR+AS+CaCO ₃ +TiO ₂	non
24	Mon Repos	jaune	Mur - jaune pour délimiter les places - peinture	ACR+S+CaCO ₃	non
25	Mon Repos	rouge	tuyau canalisation - peinture	(ACR+S+TiO ₂ +C triple liaison N)	non
26	Mon Repos	bleu	borne ticket sortie - peinture	ACR+PUR+TALC+S	non
27	Mon Repos	rouge	poteau sortie - plastique	ACR+PUR+S+(BaSO ₄)	non
28	Navigation	bleu	mur - peinture	(CaCO ₃ +S+ACR+TALC)	non
29	Navigation	vert	mur - peinture	CaCO ₃ +S+ACR	non

30	Navigation	jaune	mur - peinture	CaCO ₃ +S+ACR	non
31	Navigation	blanc	mur - peinture	(CaCO ₃ +TALC+ACR)	non
32	Navigation	jaune	Mur, bandes jaune/noir - peinture	CaCO ₃ +TALC+S+ACR	non
33	Navigation	noir	Mur, bandes jaune/noir - peinture	(Q)+S+(RESINE)	non
34	Riponne	blanc	mur - peinture	CaCO ₃ +TALC+(ACR)	non
35	Riponne	jaune	mur - peinture	ACR	oui
36	Riponne	bleu	mur - peinture	TiO ₂ +CaCO ₃ +TALC+AC R	non
37	Riponne	noir	Mur, bas des piliers - peinture	AS+CaCO ₃ +S+ACR	non
38	Riponne	noir	Mur, bas des piliers - peinture	CaCO ₃ +TALC+S+(RESI NE)	non
39	Riponne	gris	mur descente - peinture	CaCO ₃ +(TALC)+ACR	non
40	Riponne	rouge	tuyau canalisation - peinture	CaCO ₃ +TALC+ALK OPH	non
41	Riponne	blanc	poteau - peinture	Polyethylene	non
42	Riponne	rouge	scotch 3M sur poteau - plastique	Poly(methyl methacrylate)	non
43	Riponne	noir	glissière sortie - peinture	ALK OPH+CaCO ₃	non
44	Riponne	rouge	barrière sortie - peinture	ALK OPH	non
45	Riponne	blanc	barrière sortie - peinture	TALC+TiO ₂ +CaCO ₃ +AL K OPH	non
46	Riponne	rouge	montant métallique sortie - peinture	CaCO ₃ +ACR	non
47	Hôpitaux	jaune	mur - peinture	BaSO ₄ +ALK OPH	non
48	Hôpitaux	orange	mur - peinture	E+ALK OPH	non

49	Hôpitaux	bordeaux	mur - peinture	CaCO ₃ +ALK OPH	non
50	Hôpitaux	rose	mur - peinture	ALK OPH+CaCO ₃	non
51	Hôpitaux	bleu	mur - peinture	ALK OPH+BaSO ₄	non
52	Hôpitaux	vert	mur - peinture	ALK OPH+BaSO ₄	non
53	Hôpitaux	rouge	mur sortie - peinture	CaCO ₃ +(Q)+(RESINE)	non
54	Hôpitaux	blanc	mur sortie - peinture	CaCO ₃ +ACR	non
55	Hôpitaux	blanc	mur descente - peinture	CaCO ₃ +TALC+(S)+(RESINE)	non
56	Hôpitaux	gris	Borne plastique barrière sortie - plastique	CaCO ₃ +ALK OPH	non
57	Hôpitaux	rouge	glissière métallique - peinture	CaCO ₃ +ACR	non
58	Hôpitaux	blanc	glissière métallique - peinture	CaCO ₃ +ACR+(Q)	non
59	Hôpitaux	orange	barrière métallique - peinture	PUR+ACR+CaCO ₃ +TALC	non

15.2. Analyse FTIR des revêtements et supports des éléments du Service des Ponts et Chaussées neuchâtelais

N°	Provenance	Couleur - type	Composition (FTIR)	Confusion possible avec un polymère ou une peinture d'origine automobile
1	peinture sur route – à eau	Blanc - peinture	?	non
2	peinture sur route	blanc - peinture	CaCO ₃ +ACR+TiO ₂	non
3	peinture sur route	jaune - peinture	CaCO ₃ +ACR	non
4	peinture panneau	bleu - peinture	ALK OPH +(PB15)	non
5	peinture panneau	jaune - peinture	ALK OPH+ (PY110)	non
6	peinture panneau	noir - peinture	ALK OPH	non
7	peinture panneau	brun - peinture	ALK OPH+ (PBr 23)	non
8	peinture panneau	vert - peinture	ALK OPH+ (P...	non
9	peinture panneau	rouge - peinture	ALK OPH	non
10	peinture panneau	rouge - peinture	ACR	non
11	peinture panneau	bleu - peinture	ACR	oui
12	peinture panneau	noir - peinture	ACR	oui
13	peinture sur route - solvant	jaune - peinture	CaCO ₃ + (ACR)	non

14	peinture sur route - solvant	blanc - peinture	CaCO ₃ +(ACR)+TiO ₂	non
15	support à panneaux	gris (support) - plastique	polyéthylène	non
16	support à panneaux	gris (support) - plastique	polyéthylène	non
17	support à borne rouge et blanche	Orange (support) - plastique	polypropylène	oui
18	support à panneaux avec attache orange et trous noirs	orange (attache) - plastique	polyamide	oui
19	support à panneaux avec attache orange et trous noirs	Orange - peinture	poly(méthylméthacrylate) + CaCO ₃	non
20	poteau blanc et noir	Noir - plastique	polyéthylène	non
21	poteau blanc et noir	blanc - plastique	polyéthylène	non
22	poteau blanc et noir	noir - plastique	polyéthylène	non
23	poteau blanc et noir	blanc - plastique	polyéthylène	non
24	barrière rouge et blanche horizontale	rouge - plastique	poly(méthylméthacrylate)	non
25	poteau noir et jaune	noir - peinture	CaCO ₃ + (ALK OPH)	non
26	poteau noir et jaune	jaune - peinture	ALK OPH	non
27	poteau noir et jaune + poudre blanche	noir - peinture	ALK OPH	oui
28	poteau noir et jaune + poudre blanche	jaune - peinture	ALK OPH	oui

29	poteau noir et jaune avec capote jaune	noir	poly(méthylméthacrylate)	non
30	poteau noir et jaune avec capote jaune	jaune (capote) - peinture	ALK TER	non
31	poteau noir et jaune avec capote jaune	jaune - peinture	poly(méthylméthacrylate)	non
32	poteau noir et jaune avec capote noir	gris - peinture	poly(méthylméthacrylate)	non
33	poteau noir et jaune avec capote noir	noir (capote) - peinture	ALK OPH	oui
34	poteau noir et jaune avec capote noir	noir - peinture	ALK OPH	oui
35	poteau noir et jaune avec capote noir	jaune - peinture	poly(méthylméthacrylate)	non
36	poteau noir et avec 2 jaunes	jaune 2 - peinture	NCL + ALK OPH	non
37	poteau noir et avec 2 jaunes	jaune 1 - peinture	ALK TER	non
38	borne rouge et blanche en bois	blanc - peinture	ACR+ TiO2	non
39	barrière rouge et blanche en bois	gris (support) - peinture	(POLY(VINYL CHLORIDE))	non
40	barrière rouge et blanche en bois	bleu (2ème couche) - peinture	ACR+ TiO2	non
41	barrière rouge et blanche horizontale en métal	rouge (couche de fond) - peinture	ALK OPH	oui
42	barrière rouge et blanche horizontale en bois	rouge - peinture	CaCO3+(ALK OPH)	non
43	borne rouge et blanche horizontale en bois	blanc - peinture	ALK OPH + TALC+ TiO2	non
44	panneau attention travaux	rouge - peinture	ALK OPH	oui

45	panneau attention travaux	noir - peinture	ALK OPH	oui
46	panneau attention travaux	jaune - peinture	ALK OPH	oui
47	panneau attention	rouge - peinture	ALK OPH	non
48	panneau attention	Noir - plastique	ACR	non
49	panneau attention	blanc - peinture	ALK OPH + (BaSO ₄)	non
50	panneau de déviation	orange - plastique	ACR	non
51	panneau de déviation	noir - plastique	ACR	non
52	poteau blanc et noir	noir - plastique	polyéthylène	non
53	poteau blanc et noir	blanc (partie réfléchissante) - plastique	styrène+(novodur PK 6053)	oui
54	poteau blanc et noir	blanc - plastique	polyéthylène	non
55	poteau blanc et noir	noir (réfléchissant) - plastique	styrène+(novodur PK 6053)	oui
56	poteau blanc et noir	noir - plastique	polyéthylène	non
57	poteau blanc et noir	blanc - plastique	polyéthylène	non
58	tube orange	orange - plastique	polyéthylène	non
59	borne SOS	Orange - peinture	PUR	non
60	borne d'autoroute	vert 2 - plastique	polyéthylène	non

61	borne d'autoroute	vert 1 - plastique	polyéthylène	non
62	poteau noir et jaune vertical	Noir - peinture	ALK TER	non
63	poteau noir et jaune vertical	Jaune - peinture	ALK OPH	non
64	poteau blanc avec cache noir	noir (cache) - plastique	polyéthylène	non
65	poteau blanc avec cache noir	Blanc - peinture	ALK OPH + PUR+ TiO2	oui
66	piquet orange avec fixation noire et cache blanc	noir (fixation) - plastique	(polyamide)	oui
67	piquet orange avec fixation noire et cache blanc	blanc (cache) - plastique	polyéthylène	non
68	piquet orange avec fixation noire et cache blanc	orange - plastique	E+S	non
69	borne rouge et blanche avec un tube orange et des caches noirs	noir (cache) - plastique	polypropylène	oui
70	borne rouge et blanche avec un tube orange et des caches noirs	orange (tube) - plastique	CaCO3+ (ACR)	non
71	support à borne rouge et blanche horizontale	blanc (support) - plastique	polyéthylène	non
72	hydrante	Rouge - peinture	PUR +S BaSO4	non
73	hydrante	vert - peinture	E +BaSO4	non
74	hydrante	rouge - peinture	ALK OPH	non
75	borne noir vertical	Noir - plastique	polyéthylène	non

76	scotch-film	plastique	poly(méthylmethacrilate)	non
77	scotch type III	plastique	poly(méthylmethacrilate)	non
78	scotch type I	plastique	ALK OPH	non
79	scotch type IX dessus	plastique	poly(méthylmethacrilate)	non

16. ANNEXE 6 – TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TESTS SUR LE TRANSFERT DES PEINTURES

Marque	Modèle	Année	Couleur	Provenance	Code couleur	Nbre couches	Epaisseur (micron)	Angle	Retouche
Audi	A4 B5	1997	noir mét	Aile av	LZ9U	6	160	40	non
Audi	A4 B6	2002	gris foncé mét	portière arrière	LX7Z	3	111	170	non
Audi	A4 B6	2002	gris bleu mét	capot avant	LYZR	3	133	160	non
Audi	A4 B6	2003	bleu clair mét	portière avant	LZ5L	0	133	180	non
Audi	A6 C5	1998	bleu foncé mét	aile avant	LZ5T	4	111	65	non
Audi	A6 C5	2000	bleu foncé mét	?	LZ5T	4	178	43	non
Audi	A6 C5	2002	gris mét	?	LYZQ	4	222	23	non
Audi	A6 C5	2002	gris mét	?	LYZQ	4	200	33	non
BMW	Série 3 E30	1991	bleu mét	portière arrière	294/5	4	100	40	non
BMW	Série 3 E30	1991	noir mét	aile avant gche	181	3	89	53	non
BMW	Série 3 E36	1995	gris clair mét	aile avant droite	295	3	178	175	non
BMW	Série 3 E46	1999	bleu foncé mét	?	317	3	122	180	non
Citroen	Saxo	1995	vert mét	aile avant	KQA	0	133	43	non
Citroen	Saxo	2001	gris clair mét	aile avant	EZR	6	178	45	non

Citroen	Saxo	2001	gris clair mét	aile avant	EYC	5	189	55	non
Citroen	Saxo	2002	gris clair mét	aile avant	EZRC	5	133	52	non
Citroen	Saxo	2002	rouge mét	aile avant	EXKUD	5	113	40	non
Citroen	Saxo	2002	bleu mét	portière arrière	KMH	4	89	47	non
Fiat	Punto 2	2000	bleu uni	portière avant	462	4	111	32	non
Fiat	Punto 2	2001	gris clair mét	capot avant	804 A	4	133	25	non
Fiat	Punto 2	2002	gris clair mét	capot avant	647	4	111	25	non
Mercedes	Classe C W203	2001	gris clair mét	aile avant	744	3	100	30	non
Mercedes	Classe C W203	2001	gris clair mét	?	744	3	167	38	non
Mercedes	Classe C W203	2002	gris foncé mét	pare choc arrière	753	3	100	52	non
Opel	Astra F	1992	rouge mét	aile avant	349	3	107	30	non
Opel	Astra F	1996	turquoise mét	capot avant	283/14 L	4	111	20	non
Opel	Astra F	1997	blanc uni	aile post gauche	474	2	93	21	non
Opel	Astra F	1997	vert mét	aile avant	283	4	111	38	non
Opel	Astra F	1998	bleu mét	aile avant	286	5	167	25	non
Opel	Astra F	1999	gris clair mét	portière arrière	?	3	122	32	non
Opel	Astra F	2001	bleu foncé mét	capot arrière	z282	3	111	28	non
Opel	Astra F	1998	bleu mét	portière arrière	282	4	111	32	non
Opel	Astra G16	1998	vert mét	portière arrière	374	4	133	180	non
Opel	Astra G16	2002	bleu mét	aile avant	20 Q	3	56	180	non
Opel	Corsa B	1994	noir uni	aile arrière	200	3	78	30	non
Opel	Corsa B	1995	bleu mét	capot avant	z270	3	167	28	non
Opel	Corsa B	1996	vert kaki	aile avant	369	4	122	53	non

			foncé mét						
Opel	Corsa B	1999	bleu clair mét	portière arrière	291	4	133	175	non
Opel	Corsa B	2000	rouge mét	capot avant	549	0	89	35	non
Opel	Corsa B	2000	rouge mét	portière avant	549	3	133	25	non
Opel	Corsa B	2002	gris clair mét	portière avant		0	89	33	non
Opel	Corsa C	2002	gris clair mét	capot arrière	157	4	89	180	non
Opel	Vectra B	1998	noir mét	aile avant	266	4	144	20	non
Opel	Vectra B	1999	gris foncé mét	capot arrière	282	4	133	50	non
Opel	Vectra B	2001	noir uni	capot avant	20C	4	133	25	non
Peugeot	206	1998	gris clair mét	aile avant	EYC	4	111	30	non
Peugeot	206	1999	gris clair mét	aile avant		3	122	28	non
Peugeot	206	2000	rouge mét	aile avant	KQ rouge lucifer	4	133	20	non
Peugeot	206	2001	gris clair mét	aile avant	EZR	3	111	30	non
Peugeot	206	2001	vert clair mét	aile avant	KSH	4	133	27	non
Peugeot	206	2002	gris clair mét	aile arrière	EYLC	3	100	63	non
Peugeot	206CC	2002	noir uni	aile avant	EXYB	3	111	28	non
Peugeot	206	2002	gris clair mét	aile avant	EZA	4	133	77	non
Peugeot	306	1996	gris clair mét	capot arrière	MOVH	3	156	12	non
Peugeot	306	1997	bleu clair mét	aile avant	MOGR	3	111	18	non
Peugeot	306	2001	gris clair mét	?	EZA	4	122	20	non
Renault	Clio I	1989	vert mét	capot avant	999	4	111	7	non
Renault	Clio I	1993	blanc uni	portière avant	389	2	62	7	non
Renault	Clio I	1995	vert mét	aile avant	963	5	178	32	non
Renault	Clio I	1997	bleu mét	portière avant	432	3	122	20	non

Renault	Clio I	1997	bleu mét	aile avant	432	4	122	18	non
Toyota	Corolla E110	1998	bleu clair mét	porte ant gauche	8K9	3	111	10	non
Toyota	Corolla E110	1998	blanc uni	porte ant gauche	40	3	89	8	non
Toyota	Corolla E120	2002	gris clair mét	aile avant	199	5	122	17	non
Toyota	Corolla E90	1991	turquoise mét	aile avant gauche	746	3	122	19	non
Toyota	Corolla E90	1993	blanc uni	?	40	3	89	10	non
Toyota	Yaris 1e generation	2000	gris clair mét	pare choc arrière	199	3	78	62	non
Toyota	Yaris 1e generation	2000	gris clair mét	aile arrière	199	5	111	18	non
Toyota	Yaris 1e generation	2000	blanc uni	pare choc arrière	40	2	67	20	non
VW	Golf 4	1998	vert mét	capot	LC6P	3	78	14	non
VW	Golf 4	2000	gris clair mét	pare choc ant.		4	100	22	non
VW	Golf 4	2000	rouge mét	portière avant	LC3K	4	111	57	non
VW	Golf 4	2000	gris clair mét	capot arrière	LA7W	5	144	120	non
VW	Golf 4	2001	noir mét	porte ant. Droite	C9Z	5	111	25	non
VW	Golf 4	2002	noir mét	porte post droite	C98	3	122	57	non
VW	Golf 4 GTI	1999	bleu foncé mét	aile avant	LC9Z	5	156	120	non
VW	Polo 3r ou 4 ?	2001	noir mét	capot arrière	LA9V	0	100	180	non
VW	Polo 3r ou 4 ?	2001	bleu foncé met	aile avant	LB5N	3	133	45	non

VW	Polo 3r ou 4 ? GTI	2001	GTI noir mét	?	LC9Z	3	111	34	non
VW	Polo III	1997	rouge uni	jupe arrière	LP3G	2	100	68	non
VW	Polo III	1998	bleu foncé mét	portière avant	LB5N	4	100	180	non
VW	Polo III	1998	bleu foncé mét	pare choc avant	LC5H	5	189	22	non
VW	Polo III ou III restilée	1999	bleu mét	aile avant gauche	LR5V	4	93	15	non
Fiat	Punto I	1996	vert mét	aile avant	329A	8	351	23	oui
Audi	A4 B5	1999	gris mét	aile ant. gauche	LYZL	3	156	80	oui
BMW	Série 3 E46	1999	noir mét	capot avant	303	5	189	45	oui
Ford	Fiesta Mk IV	1996	vert foncé mét	portière avant	K6	5	267	32	oui
BMW	Série 3 E46	2002	gris foncé mét	porte post gauche	?	3	111	160	oui

17. ANNEXE 7 – MATÉRIEL DU GTA DE LA POLICE NEUCHÂTELOISE

17.1. Matériel global du groupe GTA¹ (acheté ou budgété)

- 3 boîtiers appareils photo Finepix S5Pro
- Eclairage maison Swisspoint
- Logiciel Elcovision et mires
- 3 objectifs Sigma (2 x 20mm et 2 x 24-70mm)
- Piquets rouges et blancs pour le marquage dans les champs
- 4 cartes CompactFlash 4 GB
- 5 licences Photoshop Elements 7
- 2 mètres
- 2 escabeaux
- 2 Pieds et rotules pour photos Elcovision
- Porte-skis pour éclairage sur le véhicule
- 1 niveau
- 3 boîtes à outils
- 3 licences BrisCAD
- 3 tablettes à dessin
- 2 valises pour appareil photo
- 1 Décéléromètre
- 1 GPS pour les coordonnées sur le terrain
- 2 valises pour le prélèvement des microtraces²
- Marqueurs, peintures, cônes et set de numérotation (+ éléments magnétiques)

¹ Ordinateurs non compris.

² Cf. listing détaillé ci-dessous.

- 2 flashes SB900 + 4 lentilles de protection pour objectifs
- 2 accus de réserve pour S5pro
- 2 déclencheurs à distance
- 1 niveau électronique calibré de 1 mètre
- 1 convertisseur 12V - 230 V
- 2 rubans 50 mètres
- 2 protections contre la pluie pour appareils photos
- 1 convertisseur 12/350 pour le véhicule
- 2 ampoules de réserve pour l'éclairage (spots)
- Sacs, sachets et matériel divers d'emballage
- Cartons pour entreposage des séquestres
- Programme d'analyse des RAG2000
- Triopans
- 1 appareil théodolite
- Télémètre laser
- Appareil pour la mesure de la pression des pneus
- PC Crash
- PC Rect

17.2. Description des valises de recherche et prélèvements¹ (microtraces)

- Adhésifs (2.5 et 5 cm)
- Feuilles acétates
- Petite bouteille d'éthanol
- Petite bouteille d'eau
- Boîte de mouchoirs
- Microbrucelles

¹ A noter que ces valises ont été confectionnées par l'entreprise Poltec à Neuchâtel.

- Brucelles
- Scalpel
- Pointe
- Ciseaux
- Réglettes
- Réglettes autocollantes (scotch millimétré)
- Numéros autocollants
- Bloc de feuilles
- Stylos divers (à bille et indélébiles)
- Gants en latex
- Sachets en papier (plusieurs grandeurs)
- Sachets minigrips (plusieurs grandeurs)
- Bocaux en verre hermétiques
- Enveloppes
- Porte-objets
- Couvre-objets
- Double-mètre
- Cotons-tiges
- Repère métrique vertical