

Université Claude Bernard-Lyon1
Département de Biologie Humaine

Master 1 Recherche biomédicale

Unité d'Enseignement
Anthropologie, Ethnologie et Sociologie de la santé

Année universitaire 2011-2012

Mémoire bibliographique présenté par Daphné CONESA

Soutenu le 20 septembre 2012

**LES FRACTURES DE LA VOÛTE DU
CRÂNE PROVOQUEES PAR LES ARMES
CONTONDANTES**

Sous la responsabilité du Docteur Claire DESBOIS

Laboratoire d'Anthropologie Anatomique et de Paléopathologie
Site web: <http://anthropologie-et-paleopathologie.univ-lyon1.fr>

LES FRACTURES DE LA VOÛTE DU
CRÂNE PROVOQUEES PAR LES ARMES
CONTONDANTES

Sommaire

Introduction	p.4
1. Les armes contondantes.....	p.5
1.1. La difficulté de chiffrer.....	p.5
1.2. Les types d'objets contondants.....	p.9
1.3. Lésions observées.....	p.11
2. Les fractures de la voûte du crâne.....	p.15
2.1. Pertes de substance d'origine traumatique.....	p.15
2.2. Actions des différentes armes sur la voûte.....	p.18
2.3. Considérations mécaniques et irradiations des fractures.....	p.24
3. Les moyens d'exploration et d'expérimentation.....	p.30
3.1. Les outils classiques.....	p.30
3.2. Les nouveaux outils.....	p.35
3.3. L'expérimentation.....	p.40
Conclusion.....	p.42
Annexes :	
Annexe 1 : Schémas d'anatomie.....	p.43
Annexe 2 : tableaux récapitulatifs de l'action des différentes armes sur la voûte du crâne.....	p.45
Bibliographie.....	p.46
Table des matières.....	p.50

Introduction

C'est au cours d'un stage à l'Institut de Médecine Légale (IML) de la ville de Lyon, que j'ai pu observer un important fracas crânien causé par une arme contondante. Le Docteur FANTON, médecin légiste, me sachant suivre un enseignement d'anthropologie, m'a proposée de reconstituer la calotte de la victime et de rédiger un mémoire sur les armes contondantes. Les premières recherches, à la bibliothèque de l'IML et à celle de la faculté de médecine Lyon Est, ont été assez peu fructueuses. Je les ai donc poursuivies à la bibliothèque municipale de la ville de Lyon, dans les fonds Lacassagne, et sur internet, dans différentes revues scientifiques. J'ai pu alors faire deux constatations : la première est que le sujet, bien que traité succinctement aujourd'hui, avait une place similaire à l'étude des armes à feu il y a à peine un siècle ; la seconde est que peu de chercheurs français semblent s'y intéresser à l'inverse de leurs voisins européens comme le Danemark, la Suisse ou encore l'Allemagne, qui tentent de mettre au point de nouvelles méthodes pour mieux décrire les lésions causées. Bien que la littérature actuelle en France soit assez sommaire, l'utilisation des armes contondantes représente plus de 20% des cas d'homicides encore aujourd'hui.

Ce mémoire s'inscrit alors dans son époque : il a pour objectif de montrer en quoi les traumatismes crâniens causés par les objets contondants demeurent une problématique actuelle et quelles sont les avancées en ce domaine.

Dans la première partie, nous nous intéresserons à la catégorie des armes et objets contondants : nous verrons quelle est leur fréquence d'utilisation, les différentes armes existantes et les lésions qu'elles offrent à voir à l'Expert. Dans la deuxième partie, nous aborderons la fracture de la voûte du crâne en étudiant les pertes de substance osseuse d'origine traumatique, l'action des différentes armes et les mécanismes d'irradiation des fractures. Enfin, la troisième partie a pour objectif de présenter les moyens d'exploration et d'expérimentation qui sont actuellement disponibles pour l'Expert.

1. Les armes contondantes

Avant de rentrer dans le vif du sujet, il nous faut définir les armes contondantes. Selon le Larousse 2005 : contondant est un adjectif, qui vient du latin *contundere* qui signifie frapper, utilisé pour un objet qui meurtrit par écrasement sans couper. On peut aussi retenir la définition suivante : « On dit que les instruments contondants [sont] des corps ronds, obtus, non tranchants qui meurtrissent et déchirent les parties sans les couper ou les piquer. »¹

Au vue de cette définition, nous allons, dans un premier temps, voir la difficulté d'obtenir des chiffres exacts sur l'utilisation de telles armes, dans les cas d'homicides. Puis, nous présenterons une classification possible de ces instruments. Enfin, nous nous intéresserons aux différentes lésions non osseuses causées par ces outils.

1.1. La difficulté de chiffrer

Les instruments contondants, produits par divers objets, sont très fréquemment utilisés, notamment au niveau de la tête. Leur utilisation se retrouve en tout temps et en tous lieux, comme nous allons le voir à travers les exemples suivants. Il est intéressant de noter qu'aussi bien les assaillants que les victimes s'en servent : les premiers pour attaquer, les seconds pour se défendre. Nous allons donc voir la répartition des blessures selon le type d'arme et la localisation au niveau du crâne, au cours des différentes périodes de l'histoire.

1.1.1. Epoque préhistorique

A l'époque préhistorique, 83% des blessures à la tête sont dues à des objets contondants. Les blessures au crâne, toutes causes confondues, se répartissent de la façon suivante²:

- 39% l'os pariétal
- 17% l'os frontal
- 8% la face
- puis les autres os crâniens

1.1.2. Epoque romaine

Si on s'intéresse aux blessures des gladiateurs³, on peut distinguer deux types de lésions par armes contondantes au niveau du crâne:

- les blessures ante-mortem qui se répartissent selon les causes de la manière suivante:
 - 44% par des armes contondantes
 - 31% par des armes perforantes

¹ LACASSAGNE, 1906

² PERROT, 2011

³ KANZ et GROSSSCHMIDT, 2006

- 25% par des armes tranchantes

Les coups sont portés, dans la majorité des cas, au niveau de l'os frontal (69%), puis au niveau des os pariétaux droit et gauche (respectivement 19% et 12%).

- les blessures péri-mortem qui se divisent ainsi:
 - 70% des armes tranchantes et perforantes
 - 30% des armes contondantes

Dans ce cas, les coups sont portés, dans la plupart des situations, au niveau des os pariétaux droit et gauche (40% dans les 2 cas), puis au niveau de l'os frontal 20%).

Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées pour expliquer les différences observées entre les deux situations. Lors des combats d'entraînement, on peut supposer que les propriétaires des gladiateurs étaient attentifs à ce que les coups portés ne soient pas mortels et donc leur offraient une bonne protection. De plus les armes sont en bois, ce qui explique un plus grand nombre de blessures par armes contondantes. En ce qui concerne les blessures péri-mortem, on peut penser que, les assaillants évitant le contact oculaire, les coups sont plus souvent portés au niveau des os pariétaux. Les premiers coups sont moins mortels et plus souvent portés au niveau de l'os frontal, lors du face-à-face initial pendant les combats. En revanche, les coups mortels sont assenés à la fin de la rencontre et dans des positions relativement atypiques. Les os pariétaux sont alors plus fréquemment atteints.

1.1.3. Moyen-âge

Bien que l'armement se développe et se complexifie au Moyen-Age, les objets contondants demeurent des armes efficaces pour les coups portés à la tête. En effet, on peut noter sur le tableau suivant (tableau 1) qu'ils sont essentiellement utilisés pour frapper la tête et le cou⁴.

localisation	Armes tranchantes	Armes perforantes	Armes contondantes	Armes à feu	total
tête-cou	12	29	11	1	53
thorax	2	17	-	-	19
Abdomen	5	5	-	1	11
membres	6	12	2	1	21
Total	25	63	13	3	104

Tableau 1 : Localisation des coups portés selon l'arme utilisée
D'après le tableau de Mounier-Kuhn

En ce qui concerne la localisation des blessures crâniennes, elle est assez similaire avec celle de la préhistoire et se répartit de la façon suivante⁵ :

- 45% l'os pariétal
- 17% l'os frontal

⁴ MOUNIER-KUHN, 2000

⁵ PERROT, 2011

- 11% la face
- puis les autres os crâniens.

Il est intéressant de noter que les blessures sont beaucoup plus fréquentes à gauche qu'à droite. L'explication logique à cela est qu'à cette époque, tout comme aujourd'hui, il y a une majorité de droitiers. En effet, lors de la bataille de Wisby (bataille de 1361 ayant opposé les danois aux Gothlanders), 69% des blessures à la tête sont concentrées à gauche et 58% des blessures du post-crâne sont également réparties sur la partie gauche du corps. Des résultats analogues ont été retrouvés sur le site de la bataille de Towton (fig1) (bataille livrée en 1461 lors de la guerre des deux Roses)⁶.

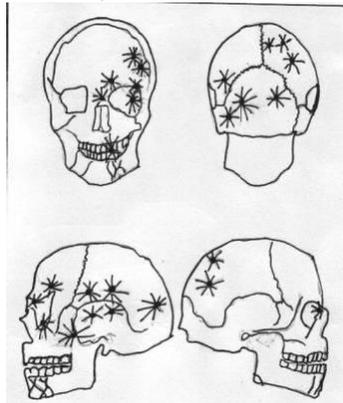


Figure 1: Répartition des blessures crâniennes péri-mortem par instrument contondant retrouvées à Towton (V.Fiorato, 2000, p.97)

1.1.4. Epoque contemporaine

Entre 1880 et 1892, la Cour d'Assise de Lyon a recensé 76 meurtres ou tentatives de meurtres classés de la manière suivante⁷ (tableau 2):

Région touchée	Instrument contondant	Coup de feu	Instrument tranchant	Instrument piquant	Indéterminé	Total
Tête	17	10	3	-	1	30
Poitrine	-	5	-	10 (couteau)	-	15
Cou	-	2	-	7	-	9
Abdomen	1	2	-	5	-	8
Autres:						
précipitation	-	-	-	-	-	5
strangulation	-	-	-	-	-	4
submersion	-	-	-	-	-	4
caustiques	-	-	-	-	-	2
explosifs	-	-	-	-	-	1
Total	18	19	3	22	1	

⁶ BACHA RABAH, 2007

⁷ MAISSIAT, 1892

Tableau 2 : localisation des atteintes mortelles en fonction des armes utilisées
 Ce tableau illustre bien le fait que les instruments contondants sont le plus souvent utilisés pour frapper la tête et que, de manière générale, elle est la cible la plus fréquente.

1.1.5. Epoque actuelle

Une étude italienne⁸ a recensé les types d'armes utilisées lors des homicides dans différents pays (tableau 3).

Type d'arme	Italie	Grèce	Finlande	Malaisie	Sri Lanka	Moyenne
Arme à feu	52,1%	41,4%	16%	14,3%	41%	32,96%
Arme contondante	12,4%	13,8%	29%	20,3%	41%	23,3%
Arme tranchante	24,8%	10,3%	39%	41,0%	16%	26,22%
Asphyxie	6,6%	3,4%	13%	-	2%	5%
Autre	4,1%	-	3%	23,0%	-	6,02%
Multiple	-	31,0%	-	-	-	6,2%
Non connu	-	-	-	1,4%	-	0,28%

Tableau 3 : Armes utilisées dans les homicides dans 5 pays différents

Selon ce tableau, plus de 20% des crimes, dans les différents pays étudiés, sont commis avec des armes contondantes. Cependant l'usage des armes à feu reste de loin le plus fréquent.

L'étude indienne⁹ suivante (tableau 4) confirme l'étude italienne précédemment citée : les objets contondants sont très souvent utilisés (41,7%). Il est intéressant de noter qu'ils sont aussi les armes les plus rencontrées dans les cas non mortels (72,2%).

Type d'arme	Cas mortel	Cas non mortel	Total des cas
Arme contondante	25 (34,3%)	13 (72,2%)	38 (41,7%)
Arme tranchante	8 (10,9%)	-(-)	8 (8,8%)
Arme contondante et tranchante	8 (10,9%)	4 (22,2%)	12 (13,2%)
Arme à feu	32 (43,9%)	1 (5,5%)	42 (36,3%)
Total	73 (100%)	18 (100%)	91 (100%)

Tableau 4 : types d'arme utilisée selon les cas mortels ou non

Comme nous venons de le voir, depuis la préhistoire jusqu'à nos jours, les armes contondantes demeurent utilisées, encore dans 20% des cas. Nous allons donc présenter une

⁸ CATANESI et al, 2011

⁹ CHATTOPADHYAY et TRIPATHI, 2010

classification de ces objets. Leur grande diversité explique leur large utilisation.

1.2. Les types d'objets contondants¹⁰

On peut différencier plusieurs catégories d'objets contondants:

- les armes naturelles: les mains, les pieds, les doigts, les poings...
- les armes artificielles: ce sont des instruments professionnels fabriqués dans un autre but. Ils peuvent servir d'armes improvisées pour l'attaque ou la défense. C'est assez facile de se les procurer. On peut citer les marteaux, les barres de fer, les pierres...
- les instruments contondants: conçus pour porter des coups, ils sont nombreux et ont évolué au fil de l'histoire. On peut citer :
 - à la préhistoire: le gourdin ou massue, les frondes – utilisées pendant l'antiquité et jusqu'à la fin du Moyen-âge – le boomerang et les bolas (fig2).
 - à l'Antiquité: on retrouve les frondes, mais on a aussi des cestes (fig3) – ancêtres du poing américain, ce sont des bandes de cuir sanglées autour de la main, d'abord utilisées par les Grecs lors des pugilats, puis par les Romains pour les combats de gladiateurs – et, enfin, les armes en bois pour s'entraîner au combat.



Figure 2 : Bolas



Figure 3 : Ceste

- à partir du Moyen-âge, on peut mentionner: le fléau d'armes (fig4) ou le Morgenstern, le marteau d'armes (fig5), la masse d'armes (fig6) qui sont des armes pour le combat au corps-à-corps; mais aussi les nombreux projectiles pour les combats éloignés, tels que les pierres ou balles de plomb des frondes, les pierres des armes de siège – comme les balistes (fig7) et les mangonneaux (fig8) – et les boulets de pierre ou de métal des canons.

¹⁰ LEGLUDIC, 1905



Figure 4 : Fléau d'arme



Figure 5: marteau d'arme



Figure 6: masse d'arme

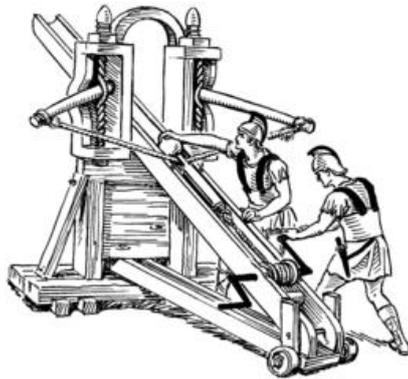


Figure 7: Baliste



Figure 8: Mangonneau

- aujourd'hui: la canne plombée, le poing américain (fig9), le yawara (fig10) – arme traditionnelle japonaise encore utilisée par certaines polices – le bâton télescopique ou matraque et le tonfa (fig11) servant surtout aux forces de l'ordre.



Figure 9: poing américain



Figure 10: Yawara



Figure 11: paire de Tonfas

Devant la variété de telles armes, on peut aisément supposer que les lésions causées sont diverses. Maintenant, nous allons nous intéresser à ces lésions.

1.3. Lésions observées

On peut distinguer deux sortes de lésions contuses. On observe tout d'abord celles qui résultent de coup direct et qui dépendent du type d'instrument utilisé. Ces derniers vont produire des effets sur une surface plus ou moins large et plus ou moins régulière. Ils entraînent une compression rapide et violente des différentes parties du corps, des contusions et une attrition au niveau du point lésé. Selon la vigueur du coup porté et la partie touchée, leur action sera plus ou moins nocive. Dans le cas des violences indirectes, c'est le corps lui-même qui est projeté contre une surface contondante tel qu'un mur, un meuble... Enfin, on a un groupe de lésions contuses qui réunit les écrasements, les éboulements de terres et de rocs ou de maison, ainsi que les chutes à partir d'une certaine hauteur¹¹.

Il y a donc une grande diversité de blessures causées par les instruments contondants allant des plus superficielles, comme les excoriations, les égratignures, les ecchymoses et les bosses sanguines, aux plus graves, telle que les plaies contuses, les épanchements sanguins, les ruptures d'organes, les fractures et la désorganisation des tissus. Nous allons les décrire toutes un peu plus précisément.

1.3.1. Excoriations, érosions, égratignures¹²

Selon, le dictionnaire le Larousse édition 2005 :

- Excoriation est un nom qui signifie écorchure superficielle. Le verbe excorier provient du latin *excoriare* donc de *ex* et *corium* qui signifie cuir, peau.
- Érosion est un nom qui vient du latin *erosio*, *erodere* qui signifie éroder, c'est une lésion de la peau ou d'une muqueuse avec perte de substance très superficielle.
- Égratignure est un mot qui provient de *esgratineure* (XIII^{ème} siècle), il désigne une blessure superficielle faite en s'égratignant.

Ces trois lésions cutanées sont superficielles et produites par le frottement de l'agent vulnérant. Elles se caractérisent par une perte partielle de l'épiderme qui met le derme à nu, ce dernier étant alors légèrement atteint. Dans la majorité des cas, elles siègent au niveau des parties découvertes du corps, c'est-à-dire les mains, le cou et la face. Cependant il est possible de les retrouver au niveau de régions couvertes par des vêtements sans que ces derniers soient nécessairement déchirés. Elles peuvent être associées à des blessures plus sévères. Leur gravité est minimale : elles saignent peu ou pas et guérissent rapidement. Elles renseignent l'Expert médico-légal sur l'agent vulnérant, dont elles trahissent la forme, et sur la région violentée. Ces blessures peuvent être constatées aussi bien sur la victime que sur l'agresseur, lorsque celle-ci a tenté de se défendre.

En ce qui concerne les armes naturelles, et plus particulièrement l'enfoncement des ongles dans la peau, elles produisent la plupart du temps deux types de lésions:

- l'impression unguéale: la peau garde l'empreinte de l'ongle qui est une érosion plus ou moins ecchymotique et curviligne. Le sillon courbe tracé a la forme et les dimensions de l'ongle.

¹¹ LEGLUDIC, 1905

¹² LEGLUDIC, 1905

- L'égratignure: quand l'ongle glisse sur la peau occasionnant ainsi une érosion moins spécifique, le plus souvent rectiligne et parfois courbée à ses extrémités.

Sur le cadavre on parle de plaque parcheminée: c'est la partie dermique excoriée, dénudée, desséchée, brunâtre qui est dure et difficile à couper. Celle-ci résulte de la disparition de la couche épidermique et de la dessiccation du derme. Ces caractères seuls ne permettent pas de savoir si c'est une lésion ante ou post-mortem, car c'est aussi un phénomène cadavérique. L'examen des tissus sous-cutanés pourra dire s'il existe ou non une suffusion sanguine, donc si elle a été faite avant ou après la mort.

1.3.2. Ecchymoses, épanchements sanguins¹³

Selon l'édition 2005 du Larousse, ecchymose vient du grec *egkumôsis* et désigne les taches (noire, brune, jaunâtre) produites par diffusion du sang dans le tissu sous-cutané.

Elles résultent de la contusion du tissu cellulaire sous-cutané ou des parties molles sous-jacentes, de la déchirure des capillaires et des petits vaisseaux sanguins ou lymphatiques. Ceci entraîne une extravasation sanguine dans les tissus et, plus spécifiquement, dans la peau et le tissu cellulaire. Il est important de noter qu'il n'y a ni perte de substance, ni atteinte de la peau. L'ecchymose constituée est d'autant plus visible que la peau est mince, que le coup est violent et que les parties atteintes sont richement vascularisées. Elles forment des tâches peu saillantes, simples infiltrations sanguines, ou des bosses, épanchements de sang ou de sérosité de volume variable. Lorsque la peau est décollée sur une large surface, on rencontre plus facilement de grands épanchements. Ces décollements peuvent résulter de l'application brusque et oblique d'une pression, ou du mouvement rotatoire du corps contondant (par exemple une roue de voiture). Pour produire une suffusion sanguine, il doit exister un plan osseux sous-jacent. Les ecchymoses et les meurtrissures ne sont pas toujours le résultat d'un choc: une longue pression peut suffire.

La forme la plus souvent rencontrée est ronde. Elle reproduit la forme de l'objet vulnérant: allongée et linéaire si c'est un coup de bâton ou un coup de fouet, arrondie si ce sont les doigts. Elles ne sont pas toujours limitées et circonscrites. En effet, dans les régions où le tissu cellulaire est lâche, comme aux paupières ou au scrotum, la forme primitive se modifie quand le sang extravasé s'étend plus loin.

Cette lésion apparaît essentiellement chez les sujets vivants: elle est facile à produire chez les enfants et les femmes. Pour apprécier l'intensité de la violence exercée, il faut prendre en compte la friabilité des vaisseaux chez les sujets athéromateux.

Le changement de couleur des ecchymoses peut servir à dater la blessure de façon approximative. Il convient de prendre en compte les caractères extérieurs de la peau, la quantité et la constitution du sang épanché, ainsi que l'intensité de l'ecchymose. La coloration des ecchymoses dépend de la résorption du liquide sanguin répandu, ce dernier se modifiant de la périphérie vers le centre. On peut admettre:

- une coloration bleuâtre du 2^{ème} au 3^{ème} jour,

¹³ LEGLUDIC, 1905

- une coloration verdâtre du 5^{ème} au 6^{ème} jour,
- une coloration jaunâtre du 7^{ème} au 8^{ème} jour,
- la disparition vers le 12^{ème} jour.

Le pronostic est variable selon les caractéristiques de la lésion produite. Celles-ci ne dépendent pas uniquement de la nature de l'agent vulnérant, de la masse et du degré de force appliquée, mais aussi de la région atteinte et de sa vascularisation. Les blessures produites par les armes naturelles sont le plus souvent bénignes, quoique parfois mortelles au niveau de la tête.

1.3.3. Plaies contuses^{14 15 16}

Elles désignent des solutions de continuité ayant des bords irréguliers, ecchymosés, parfois même décollés, et des angles inégaux et peu nets. La peau est divisée au niveau de la contusion. Elles peuvent être linéaires ou à lambeaux selon la direction de l'instrument vulnérant.

Lorsque l'instrument frappe obliquement, des plaies à lambeaux se forment, les parties inférieures sont comme arrachées. En fait elles résultent du glissement de l'objet sur le plan osseux sous-jacent. L'examen du fond de la plaie peut être nécessaire pour préciser son origine. Dans un cas classique, on note des déchirures et des vaisseaux qui font un pont d'un côté à l'autre. Dans le cas où la suffusion hémorragique est considérable, on observe, au niveau du bord de la plaie, un décollement et un détachement contus, dentelés et déchiquetés. On retiendra qu'une plaie curviligne et taillée en biseau, avec un décollement du cuir chevelu, témoigne de l'action oblique de l'instrument contondant. De plus, on peut parfois apercevoir des cheveux sur l'épaisseur du derme. Les coups obliques entraînent plus rarement des fractures crâniennes.

Les plaies linéaires ne proviennent pas toutes du même mécanisme. Les premières sont produites par l'instrument au niveau d'une surface plane et polie. Dans ce cas, la région atteinte est résistante, convexe et la peau est tendue sur les os. Les secondes résultent de l'action directe et perpendiculaire d'un objet contondant, ayant des angles et des arêtes (comme les marteaux ou les poings américain), au niveau de téguments peu épais et fixés sur un plan résistant (le cuir chevelu par exemple). Les chutes sur la tête peuvent aussi déterminer des blessures linéaires. Dans cette situation, la peau a soit éclaté, soit elle s'est divisée en ligne droite. L'examen à la loupe est parfois nécessaire car ces plaies peuvent simuler des lésions par instruments tranchants. L'examineur recherche l'état aminci, inégal et contus des bords, ainsi que l'irrégularité du fond. Certaines plaies linéaires peuvent se produire de dedans en dehors et avoir des bords nets. Ceci se produit lorsque le coup ou la chute atteint une crête saillante, telle que les arêtes osseuses (l'arcade orbitaire par exemple). Dans ces cas, la netteté de la division de la peau signe un coup rapide. Enfin, il est possible d'avoir des plaies en étoiles avec des angles en Y.

¹⁴ LEGLUDIC, 1905

¹⁵ LACASSAGNE, 1906

¹⁶ MAISSIAT, 1892

Le pronostic de ces blessures se pose au cas par cas, selon le degré de contusion et les complications au niveau des centres nerveux et des organes internes. Ces plaies ne guérissent pas toujours facilement. Elles peuvent bourgeonner, suppurer et entraîner des phlegmons et des cicatrices vicieuses.

L'examen minutieux de ces lésions, avec une loupe, permet de reconnaître l'agent vulnérant, tranchant ou contondant. Il repose sur la loi de rectilignité des plaies cutanées et sur les infections secondaires rencontrées.

1.3.4. Attrition et broiement du corps^{17 18}

Ce sont les lésions les plus graves caractérisées par une désorganisation des tissus, des fractures et le broiement de l'os sous-jacent. On les rencontre principalement dans des grands traumatismes, lors d'accidents.

On note alors une atteinte des différents plans:

- les téguments: comme vu plus haut,
- l'os: il est blessé selon des lois balistiques énoncées par GURDJIAN et WEBSTER. Les contusions provoquent des lésions de la table interne du crâne toujours plus importantes que celles de la table externe (cf. partie 2).
- Les méninges: les esquilles osseuses favorisent leur déchirure, mais celle-ci ne se propage pas. Le sinus veineux est souvent atteint. Ceci entraîne des hémorragies importantes, aggravées par la compression exercée par les fragments des plans sus-jacents et les éléments de sa loge.
- Le cerveau: il reçoit les esquilles osseuses et peut être le siège d'infections graves. Selon la région atteinte le sujet aura plus ou moins de séquelles.

Les lésions traumatiques de l'encéphale et des méninges accompagnent fréquemment les fractures du crâne, bien qu'on puisse les retrouver lors des traumatismes sans aucune fracture. Un instrument contondant, par son choc seul, peut entraîner une commotion cérébrale, des contusions encéphaliques, des hémorragies méningées et des hémorragies intracrâniennes.

On distingue deux types de contusions cérébrales :

- Les contusions directes au point d'application de la force ou immédiatement en-dessous.
- Les contusions indirectes ou par contrecoup qui siègent à l'opposé du traumatisme. On les retrouve soit à la surface de l'encéphale, soit dans les cavités ventriculaires. Cependant elles ne sont pas toujours localisées et parfois constituent une contusion générale diffuse. Elles sont le signe de la violence de l'action vulnérante.

En conclusion de cette première partie, on retiendra que les objets contondants sont nombreux. De plus, les lésions causées par de telles armes vont de la simple égratignure au broiement du corps. Enfin, ils interviennent encore dans 20% des homicides, notamment au niveau du crâne.

¹⁷ LEGLUDIC, 1905

¹⁸ WERTHEIMER et DESCOTES, 1961

2. Les fractures de la voûte du crâne

Comme nous venons de le voir, les instruments contondants sont très souvent utilisés lors des homicides et principalement au niveau du crâne. Il convient maintenant de voir quelles sont les fractures de la voûte causées par de tels instruments. Dans cette partie, nous verrons, dans un premier temps, les différents types de pertes de substance d'origine traumatique. Puis dans un deuxième temps, nous nous intéresserons à l'action des diverses armes sur la voûte, afin de déterminer les lésions causées par les instruments contondants. Enfin, dans un troisième temps, nous expliquerons des notions de mécanique osseuse et les mécanismes de propagation des fractures.

2.1. Pertes de substance d'origine traumatique^{19 20}

Le traumatisme est l'étiologie la plus fréquente des pertes de substance osseuse. On parle de perforation complète. Elle peut être obtenue directement, après ce traumatisme, ou indirectement, après une intervention chirurgicale par exemple. On en distingue différents types :

- les perforations par fracture : elles concernent principalement les fractures directes, c'est-à-dire au point d'application de la force vulnérante, et plus rarement les fractures irradiées. Elles peuvent être immédiates (cf 2.1.1.) ou secondaires (cf 2.1.2.) comme nous allons le voir dans les parties suivantes.
- les perforations par arme blanche : elles ont pour caractéristique de garder l'empreinte de l'objet perforant et orientent ainsi les recherches de ce dernier (cf 2.2.2.).
- les perforations par balle (cf 2.2.1.).
- les perforations chirurgicales : elles ont des bords nets et peuvent résulter des trous de trépan ou des volets chirurgicaux.
- les radiolésions des os du crâne.

Il existe une sémiologie associée aux fractures. Au niveau de la voûte celle-ci est avant tout radiologique, alors qu'il existe des signes cliniques propres aux fractures de la base. Les signes sémiologiques observables sont :

- les hémorragies, de trois types :
 - l'épistaxis : lors des fractures de la lame criblée et des cellules éthmoïdales. Elle est le plus souvent rencontrée dans les atteintes de la face.
 - l'hémorragie pharyngée : accompagnant les fractures du sphénoïde.
 - l'otorragie : si elle est abondante, prolongée, intermittente, provoquée par un changement de position ou un effort de toux et qu'elle s'accompagne d'une ecchymose rétro-auriculaire, alors elle est pathognomonique d'une fracture du rocher. Sinon elle peut résulter d'une déchirure tympanale ou d'une fracture du méat acoustique externe.
- les ecchymoses

¹⁹ LACROIX, 1972

²⁰ WERTHEIMER et DESCOTES, 1961

- les écoulements de liquide céphalo-rachidien avec un risque infectieux de méningite.

2.1.1. Perforation immédiate par fracture²¹

On distingue plusieurs perforations immédiates par fracture (fig12):

- les fractures linéaires : ce sont des solutions de continuité de l'os crânien qui habituellement n'entraînent pas de perte de substance osseuse chez l'adulte. A la radiographie, elles apparaissent comme des traits droits, courbes ou en zigzag. On leur décrit une clarté franche, à bords nets et se terminant par un effilement brutal. Elles s'intéressent à la totalité de l'épaisseur de l'os. Dans un grand nombre de cas, elles sont interrompues par une suture ou une impression vasculaire.
- les fractures en étoile : elles regroupent plusieurs traits divergents au point d'application du traumatisme. Elles peuvent causer une perte de substance au lieu de convergence des traits de fracture. Radiologiquement, elles donnent plusieurs traits convergents et une petite lacune avec un effilement centrifuge. Les fractures en mosaïque, que l'on rencontre dans les grands fracas osseux, se caractérisent par des lacunes multiples.
- les fractures avec enfoncement : il est soit complet, à l'emporte pièce, soit partiel, par embarrure. Il provoque le plus souvent la formation d'un trou. Le fragment osseux peut être complètement détaché ou tenu à l'os environnant par un bord. Il est refoulé à plat dans le crâne, entraînant une dépression plus ou moins profonde. A la radiographie, on remarque un chevauchement du fragment osseux séparé par rapport à l'os voisin, ainsi que la présence d'esquilles des tables interne et/ou externe.
- les fractures tangentielles : on les retrouve principalement dans la région occipitale. Elles sont à l'origine de l'ablation d'un fragment de la calotte crânienne aux dépens de la table externe. Elles sont aussi responsables d'une perte de substance de grande dimension, décelable à l'inspection, puis à la palpation après cicatrisation (chez le sujet vivant).

²¹ LACROIX, 1972

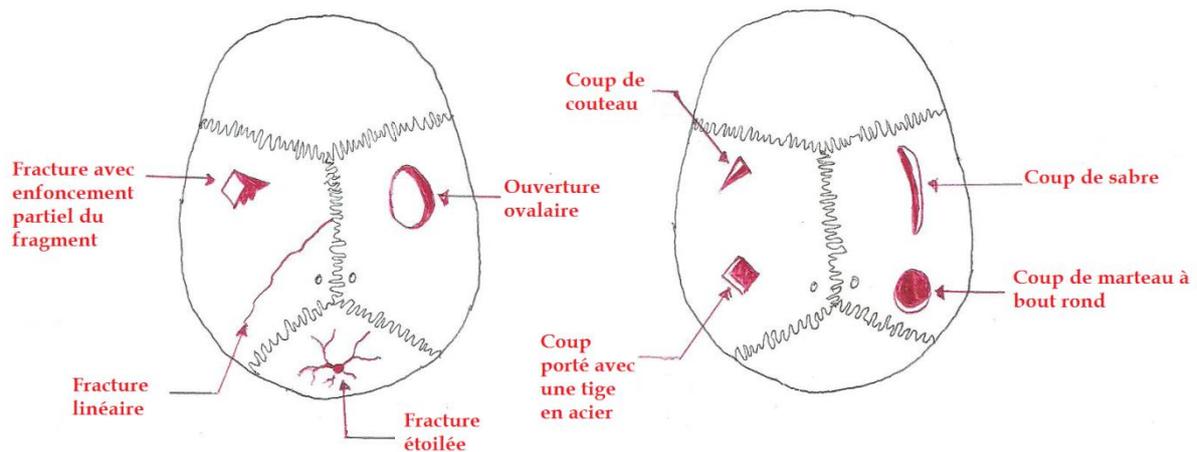


Figure 12: schémas des différentes fractures de la voûte et de l'action des diverses armes

2.1.2. Perforation secondaire à une fracture²²

On note deux types de perforation secondaire aux fractures de la voûte du crâne :

- l'ostéite post-traumatique : elle peut entraîner une perforation d'étendue variable aux bords cicatrisés. Elle a l'aspect d'une trépanation guérie : les cellules du diploé sont fermées et il y a un liseré de séparation. Radiologiquement, on notera une image en cocarde, comme dans les trépanations guéries avec une zone de condensation entourée d'une zone de décalcification autour de l'orifice.
- L'ostéopathie lytique : elle peut résulter soit de la lyse totale d'un fragment osseux isolé, soit de la lyse des bords d'une fracture linéaire provoquant une fente de largeur variable. Elle se traduit alors soit par l'ostéoporose des bords de la fracture – ils deviennent flous à la radiographie, donc le trait perd sa netteté – soit par une ostéoporose lacunaire de la région moyenne du trait.

Maintenant que nous venons de voir les différentes pertes de substance osseuse qu'engendrent les instruments contondants, nous allons décrire l'action des différentes armes et donner des éléments permettant de les différencier.

²² LACROIX, 1972

2.2. Actions des différentes armes sur la voûte²³

Les lésions osseuses au niveau de la voûte sont souvent un outil utile pour déterminer l'agent vulnérant utilisé. L'examen doit parfois être minutieux quand il existe un doute ou une ambiguïté.

De plus, on peut essayer de déterminer si la personne qui a porté les coups était vigoureuse ou non et si c'était une main exercée. En effet, l'appréciation de l'étendue et de la profondeur de la lésion, comparée à la nature de l'arme employée, peut résoudre cette question. La lourdeur d'un objet contondant est corrélée à des effets plus ou moins violents. De même, l'étendue et la profondeur d'une plaie peuvent indiquer la force nécessaire à manier l'instrument piquant ou tranchant.

Enfin, l'individualité du meurtrier peut être décelée par la spécialité de l'arme utilisée, appartenant à telle ou telle profession comme par exemple l'outil de l'artisan, le plomb de chasse du garde ou du braconnier, le burin du ciseleur...

Nous allons donc voir successivement les lésions provoquées par les armes suivantes : les armes à feu, les armes blanches, les instruments contondants et la précipitation sur la tête.

2.2.1. Les armes à feu^{24 25}

L'aspect de l'orifice d'entrée crânien d'un projectile est typique : il est arrondi ou ovalaire, net et clair en exocrânien, puis élargi en endocrânien. On parle de phénomène d'élargissement en « entonnoir » ou en « porte-voix ». Il permet de connaître la direction du projectile.

Les lésions par arme à feu se reconnaissent facilement car :

- Au niveau de l'orifice d'entrée, le bord est coupant pour la table externe alors que la table interne a un aspect conique en biseau dont l'élargissement suit la trajectoire (fig13, fig14). Il est possible que des fissures se propagent autour de l'orifice d'entrée, résultat de l'action explosive des gaz, lorsque les coups de feu sont tirés à bout touchant ou à bout portant. En effet, les lésions radiaires, parfois concentriques, sont fréquentes et résultent d'une part de l'énergie cinétique du projectile et d'autre part de la surpression instantanée occasionnée par la pénétration brutale de la balle. Ces fractures se propagent plus rapidement que le projectile au sein du crâne.

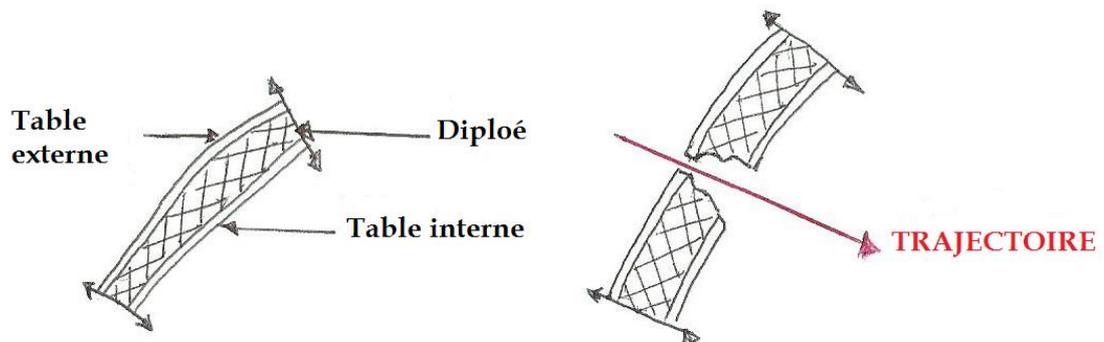


Figure 13 : schéma de l'orifice d'entrée d'un projectile (à droite)

²³ TARDIEU, 1879

²⁴ LACROIX, 1972

²⁵ QUATREHOMME et ALUNNI, 2010

- S'il y a un orifice de sortie (fig15), cette disposition s'inverse : on observe un élargissement au niveau exocrânien. Les fractures qui s'associent à l'orifice de sortie sont arrêtées par les précédentes fractures : on parle du « signe du croisement » décrit par PUPPE en 1900. Ce signe permet de déterminer la séquence des lésions.



Figure 14 : orifice d'entrée d'une balle



Figure 15 : Orifice de sortie d'une balle



Figure 16 : Tir tangentiel

Lorsque ce sont des tirs à bout touchant, une surpression supplémentaire entraîne des fractures plus importantes. De plus, l'expansion des gaz peut aboutir à un morcellement du crâne en de très nombreux fragments. Enfin, les tirs tangentiels (fig16) donnent des lésions particulières qui peuvent dérouter l'Expert, car l'angle entre le projectile et le crâne est faible. On parlera alors de lésions en terrasse, en sillon ou en trou de serrure.

2.2.2. Les armes blanches^{26 27}

Parmi les armes blanches, il convient de distinguer les lésions par instrument tranchant (coupant ou perforant) et celles par instrument tranchant-contondant. En fait, on différencie les coups de taille, dont l'action est coupante, les coups d'estoc, dont l'action est piquante, et les coups tranchant-perforant, quand l'agent vulnérant est tranchant et lourd.

Si l'action est coupante, la lésion osseuse est linéaire ou arciforme, superficielle et le plus souvent de petite dimension.

²⁶ LACROIX, 1972

²⁷ QUATREHOMME et ALUNNI, 2010

Si l'action est perforante, la longueur de la lésion est faible mais la profondeur importante. Ceci s'explique par l'action perpendiculaire ou oblique de l'instrument. Dans cette situation, il est possible de retrouver la pointe de la lame cassée et fichée dans l'os. Les lésions qui résultent d'instruments perforants sont limitées au point percuté, associées à des irradiations étoilées mais de faible étendue, même quand l'agent vulnérant a un volume considérable.

Les blessures causées par un instrument tranchant (fig17) ou tranchant et contondant se reconnaissent par les irradiations dirigées dans le grand axe de la plaie osseuse. Elles concernent des instruments tranchants et lourds. Les fragments qui se forment sont peu nombreux et sensiblement rectilignes. Il est rare que les irradiations atteignent la base du crâne, mais c'est possible quand le coup a été porté verticalement.



Figure 17 : lésion osseuse due à un coup de hache

2.2.3. Les instruments contondants^{28 29 30}

Selon les dimensions de l'instrument, les lésions osseuses seront différentes, de la manière suivante.

Si l'instrument contondant est de dimension restreinte (tel qu'un bâton ou un marteau), avec une surface peu large, il cause alors un traumatisme central plus ou moins diffus. Les irradiations sont arrondies et dirigées dans les deux sens. Normalement la base n'est pas atteinte.

Si l'instrument contondant est volumineux et de large surface, le traumatisme va entraîner un désengrènement des sutures et se propager à la base.

Les perforations, qui résultent de l'action d'objet contondant, sont habituellement de grande taille, avec un fragment osseux enfoncé dans la boîte crânienne et des traits de fractures irradiés (fig18, fig19). On n'observera pas de signe de cicatrisation si la perforation a été suivie de la mort. De plus, la présence de sang extravasé et coagulé dans les cellules du diploé pourra aider à caractériser une lésion vitale et de la différencier des perforations post-mortem.

²⁸ MAISSIAT, 1892

²⁹ LACROIX, 1972

³⁰ QUATREHOMME et ALUNNI, 2010



Figure 18 : enfoncement après un coup de barre de fer



Figure 19 : enfoncement suite à un coup de marteau

Il existe un continuum entre les lésions tranchantes et les lésions contondantes (fig20, fig21). En effet, on peut classer le mécanisme des lésions en quatre catégories : tranchant pur, tranchant-contondant (plus tranchant que contondant), contondant-tranchant et contondant pur. L'observation de la blessure est donc essentielle pour comprendre son mécanisme. Trois éléments sont importants à prendre en compte :

- le point d'impact : y-a-t-il une indentation, c'est-à-dire un relief négatif ?
- les fractures associées : y-a-t-il eu dispersion de l'énergie cinétique ?
- la présence ou non d'une déformation plastique due au mécanisme de compression.

On peut retenir que « plus le mécanisme est tranchant, plus la pénétration est aisée, moins le coup est violent, plus la forme de la lésion d'impact est précise, plus les bords de la lésion sont nets, moins il y a de pression locale, moins il y a de fractures associées. On peut inverser toutes ces propositions avec le mécanisme de plus en plus contondant. »³¹.

Lorsqu'il y a une compression du crâne, celle-ci entraîne une pression générale et non uniquement locale, qui a pour conséquence de raccourcir le crâne dans son sens. On parle d'abord de déformation élastique, c'est-à-dire réversible, puis de déformation plastique, donc irréversible. Ainsi, les fractures du crâne sont souvent multiples, touchant la voûte et la base, avec des bords irréguliers. Enfin, lors des mécanismes contondants, il y a une déformation plastique des pièces osseuses qui, dès lors, ne sont plus parfaitement jointives : on parle de fracture diastatique.

³¹ QUATREHOMME et ALUNNI, 2010

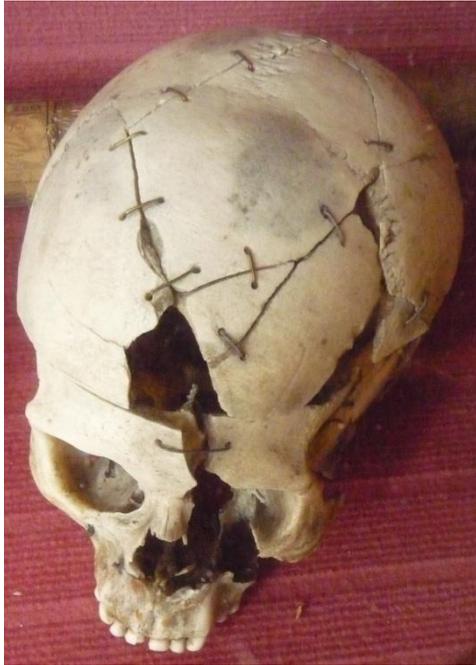


Figure 20 : fracas crânien lors d'un meurtre par coup de hache



Figure 21 : fracas crânien par un coup de bêche ou de trident

2.2.4. La précipitation sur la tête

Il convient de distinguer la chute, quand l'individu tombe de sa hauteur, et la précipitation, quand il tombe sur une surface sensiblement en-dessous de là où il se trouve. Dans les deux cas, cela peut être le résultat d'accident, de suicide ou de crime³².

Lorsque l'individu tombe sur la tête d'une hauteur modérée, il se produit, de manière similaire aux instruments contondants, un désengrènement des sutures et une propagation à la base. Globalement, les fractures que l'on observe lors de précipitation sur la tête sont similaires à celles causées par les armes contondantes³³.

Une équipe canadienne³⁴ a récemment tenté de mettre au point une méthode pour différencier les lésions dues à une chute sur la tête et celles dues à un objet contondant. Suite à trois études, ils ont pu déterminer certains critères intéressants à prendre en compte :

- Le nombre de lacération de la peau : dans les cas d'utilisation d'une arme contondante, les victimes ont souvent plus de trois lacérations, contrairement à celles produites lors de la chute du corps. De plus, ces lacérations, dans le cas de coup, font souvent plus de 7 cm de long. Ceci peut être expliqué par la violence de l'agression.
- Le degré de fracture : ils ont divisé les fractures de la voûte en quatre types. Les fractures linéaires (type 1) et radiales (type 2) sont les plus susceptibles d'être rencontrées lors d'une chute. En revanche, les fractures comminutives (type 3) et dépressives (type 4) se rapportent plus aux coups violents assenés par un agresseur.

³² LACASSAGNE, 1906

³³ MAISSIAT, 1892

³⁴ GUYOMARC'H et al, 2010

- La localisation des fractures et des lacérations, deux choses sont prises en compte :
 - La latéralisation, lors des coups par arme contondante, les fractures et les lacérations se trouvent préférentiellement du côté gauche de la voûte de la victime. En effet, les agresseurs, comme la population générale, sont le plus souvent droitiers. Dans le cas d'une chute, on retrouve ces lésions du côté droit. En fait la personne, dans les airs, va tenter de se protéger et tomber sur le côté droit, si elle est droitère.
 - La « ligne du bord du chapeau » (hat brim line) (fig22) est définie comme étant une bande de 3 cm de large dont la limite inférieure se déroule à la partie supérieure des sourcils, au bord supérieur de l'auricule et le long de l'occiput. Mais cette définition d'Ehrlich et Maxeiner est difficile à appliquer sur un crâne sec. Les auteurs ont redéfini cette ligne en utilisant des points repères anthropométriques : c'est donc une bande dont la limite inférieure est une ligne parallèle au plan horizontal de Francfort et qui passe par le centre du méat acoustique externe (ligne EAM), et la limite supérieure est elle aussi parallèle au plan de Francfort mais passe par la glabelle (ligne G). Dans le cas d'utilisation des armes contondantes, les fractures et les lacérations sont le plus souvent portées au-dessus de cette « ligne du bord du chapeau » alors que dans le cas des chutes, elles sont situées dans cette zone de 3 cm.
- Les atteintes de la face : dans le cas de coups portés avec une arme contondante, il n'est pas rare de voir plus de quatre contusions ou lacérations au niveau du visage, ainsi que des fractures faciales.
- La présence de lacération des oreilles en cas de coup. En effet, lors d'une chute, l'individu tombe rarement sur son oreille. S'il tombe de face ou de dos, elles ne touchent pas le sol et s'il tombe de côté c'est l'épaule, puis la partie pariétale de la voûte qui touchent le sol.

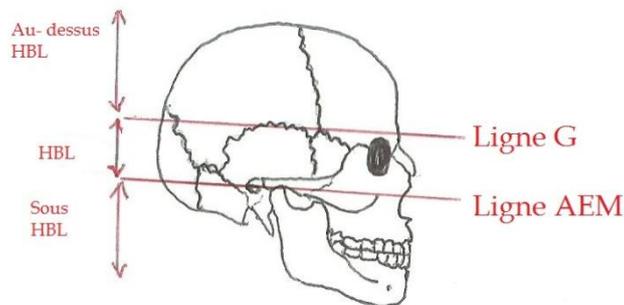


Figure 22 : Schéma de la « ligne du bord du chapeau »

Après avoir identifié ces différents critères, ils ont aussi essayé de les combiner et de faire un arbre décisionnel (fig23).

La combinaison de la position par rapport à la « ligne du bord du chapeau », de la latéralisation des fractures et du nombre de lacérations est très efficace dans leur étude. Elle a effectivement pu classer 100% des coups en utilisant deux ou trois de ces critères. En revanche, elle s'est montrée moins performante dans le cas des chutes : entre 62,5% et 83,3%, selon le nombre de critères utilisés, ont pu être convenablement identifiées.

Leur arbre décisionnel a permis de classer correctement 82% des chutes et 93,7% des coups, ce qui est encourageant. Cet arbre pourra être utilisé par la suite, en association avec les résultats de l'autopsie et les éléments présents sur la scène de crime.

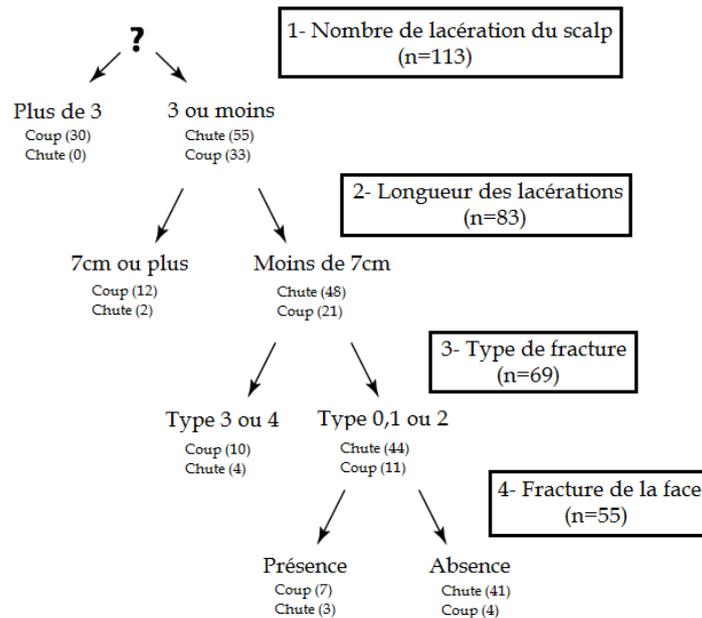


Figure 23 : arbre décisionnel

Maintenant que nous venons de décrire les lésions causées par les différentes armes, ainsi que des éléments pour les différencier, nous allons étudier l'architecture du crâne et, par conséquent, les mécanismes d'irradiations des fractures.

2.3. Considérations mécaniques et irradiations des fractures

2.3.1. L'architecture du crâne³⁵

2.3.1.1. La voûte

La solidité de la voûte du crâne est assurée par la disposition et la forme des sutures. En effet, on a la conjonction de l'action :

- des sutures médianes qui sont dentelées et engrenées, formant entre elles un puzzle et s'opposent ainsi à l'écartement des os du crâne.
- Des sutures latérales qui sont en biseau alterné, afin de lutter contre les pressions excessives et s'opposent ainsi à l'enfoncement.

³⁵ BOUCHET et CUILLERET, 1980

2.3.1.2. La base

Comme l'a montré FELIZET, la base du crâne alterne des zones de résistance et des zones de moindre résistance. On distingue ainsi (fig24):

- les six arcs-boutants ou piliers du crâne:
 - le pilier antérieur ou fronto-ethmoïdal ;
 - le pilier postérieur ou occipital entre la protubérance occipitale et le foramen occipital ;
 - les deux piliers antéro-latéraux ou orbito-sphénoïdaux qui rejoignent la voûte par les petites ailes du sphénoïde ;
 - les deux piliers postéro-latéraux ou pétro-mastoïdiens.

Ces différents arcs traversent la base du crâne en diagonale et se croisent au niveau du véritable centre de résistance de la base : le processus basilaire. Dans la voûte, ils se continuent afin de former la « pièce sinciptale » qui est le deuxième centre de résistance.

- Les six entre-boutants ou points faibles:
 - les deux antérieurs ou fronto-sphénoïdaux au niveau des toits orbitaires ;
 - les deux moyens ou sphéno-pétreux au niveau des grandes ailes du sphénoïde, traversés par de nombreux orifices ;
 - les deux postérieurs ou pétro-occipitaux au niveau des fosses cérébelleuses.

Cette architecture, bien que schématique, est nécessaire pour comprendre l'irradiation des fractures.

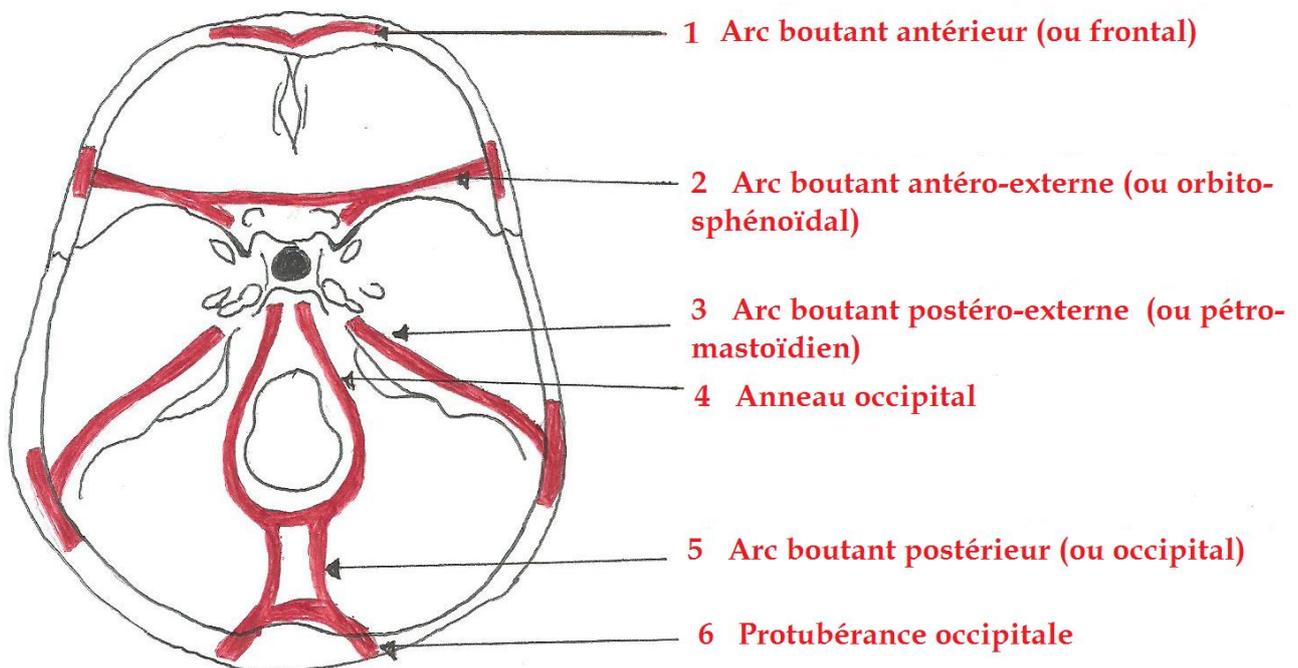


Figure 24 : Architecture de la base du crâne selon Dahhan et Honnart

2.3.2. La localisation des fractures³⁶

Les lésions traumatiques des os sont fréquentes. Elles peuvent être causées par l'action directe d'instrument contondant, ou par un brusque choc de la tête sur un plan dur. Leur localisation est expliquée par la différence d'épaisseur des os qui constituent la boîte crânienne, ainsi que par la fragilité de certaines régions, comme l'écaïlle temporo-pariétale ou encore la base du crâne percée de nombreux trous. Cependant, elle possède une certaine élasticité qui permet de diminuer la fréquence des solutions de continuité. Cette élasticité est inégale : elle est plus importante dans le sens transversal que dans le sens antéro-postérieur et dans le sens vertical. De plus, quand la force exercée est supérieure à sa limite, une fracture se produit et « le trait de fracture a toujours une direction parallèle à la pression, il est transversal quand la pression s'exerce sur les côtés du crâne, antéro-postérieur si la pression est occipito-frontale. »³⁷.

2.3.2.1. Les fractures de la voûte

Les fractures de la voûte résultent d'un traumatisme direct circonscrit en un point précis de la voûte. Plus l'instrument est manié avec une grande force et sur une surface étroite, plus la voûte se brise facilement. Si la trajectoire de l'agent vulnérant est perpendiculaire, les fractures sont restreintes. En revanche, si la trajectoire est oblique, elles sont plus étendues. Ces fractures peuvent être complètes, quand toute l'épaisseur de l'os est atteinte, ou partielles, limitées à une des tables, notamment quand le diploé est épais, comme dans la région frontale.

Les fractures complètes peuvent avoir des formes très différentes. Il est possible d'avoir des fêlures, des fissures sans qu'il n'y ait d'écartement ou de déplacement, ayant des directions et des longueurs variées. Elles peuvent être rectilignes, courbes, tortueuses ou étoilées. Les bords peuvent rester accolés l'un à l'autre. Il n'est pas impossible que les sutures n'arrêtent pas l'irradiation. Selon FELIZET, les fêlures curvilignes de la voûte résultent d'un choc brusque sur un point circonscrit. Il en est de même pour les fractures avec enfoncement. Il arrive que l'intensité du coup soit telle que les os sont divisés en plusieurs fragments, plus ou moins nombreux, souvent de forme triangulaire, enfoncés par leur sommet, plus ou moins adhérents par leur base au crâne. Ils peuvent être mobiles et se chevaucher les uns les autres. On parle de fractures comminutives, qui sont difficiles à décrire méthodiquement.

2.3.2.2. Les fractures de la base

Les fractures de la base peuvent être directes ou indirectes. Il est assez rare de rencontrer des fractures directes de la base. En effet, il faut pour cela que l'agent vulnérant pénètre par un des orifices du visage (les orbites, le nez ou la bouche) et brise les os de la face afin d'atteindre la base.

Les fractures indirectes, plus fréquentes, se présentent à distance du point d'application de la force vulnérante, par transmission osseuse. Elles résultent de traumatismes violents comme les chutes. Par exemple, le maxillaire et l'éthmoïde sont lésés

³⁶ LEGLUDIC, 1905

³⁷ LEGLUDIC, 1905

en cas de chute sur le menton ou le nez. En cas de chute sur les pieds, les genoux ou les ischions, la colonne vertébrale peut pénétrer dans le crâne et entraîner des solutions de continuité autour du foramen magnum. Enfin, il a déjà été vu que de violentes chutes sur le sommet de la tête résistent sans se fracturer causant un enfoncement de la colonne vertébrale et brisant la base du crâne mais pas la voûte, du fait de la vitesse acquise et du poids du corps.

2.3.2.3. Les fractures communes à la base et à la voûte

Les fractures communes de la voûte et de la base sont les fractures les plus fréquentes, résultats des irradiations.

En fait, elles proviennent souvent de chute sur la tête ou d'un coup direct par un instrument contondant à large surface. Elles naissent au point d'impact, c'est-à-dire dans la zone de dépression correspondante, et s'étendent à la voûte et à la base. Ce sont des fissures peu marquées à leur origine, qui s'agrandissent en s'irradiant. Elles peuvent se diriger vers les trois étages : l'étage antérieur ou orbito-éthmoïdal, l'étage moyen ou sphénoïdal et l'étage postérieur ou occipito-temporal. Selon ARAN, elles irradient vers la base en empruntant le plus court chemin, c'est-à-dire en suivant la courbe du plus court rayon, ce qui, selon lui, explique le fait quelles soient circonscrites à certaines régions. TRELAT, lui, pense que cela résulte de la résistance des trous de la base du crâne, qui s'opposent à la propagation des fractures. On retiendra les conclusions de FELIZET : les irradiations gagnent toujours la base entre deux arcs-boutants. Si c'est un coup dans la région occipitale, cela irradiera à l'étage supérieur. Si c'est dans la région pariéto-temporale, ce sera vers l'étage moyen. Et si c'est dans la région occipitale, alors ce sera au niveau de l'étage postérieur. Souvent, elles ne sont pas circonscrites à l'étage correspondant. Il faut alors faire la part entre l'intensité des différentes violences et l'obliquité du choc. Cependant, elles semblent tout de même suivre, de préférence, une voie définie.

La fosse moyenne est le plus souvent touchée par les fractures par irradiation. Cela est logique vu que la région temporo-pariétale est très souvent atteinte (cf 1.2.). Elles peuvent s'étendre de part et d'autre de la selle turcique. Il n'est pas rare qu'elles entraînent une disjonction des sutures : « [elle] paraît impossible sans fracture et il ne semble pas qu'elle ait été observée »³⁸. Dans ces lésions, le rocher est très souvent atteint. Si la force traumatique a porté sur la région temporale, la solution est parallèle à son axe, alors que si elle a porté sur la région occipitale, la solution est perpendiculaire ou oblique à son axe.

Ainsi, les modes d'irradiation des fractures du crâne permettent à l'Expert, selon les points lésés de la voûte, de supposer la position de l'impact, sur l'un des étages de la base.

³⁸ POIRIER, 1892

2.3.3. Le mécanisme des fractures³⁹

Le mécanisme des fractures de la voûte a d'abord été étudié par GURDJIAN, WEBSTER et LISSNER. Aujourd'hui des chercheurs tentent de mettre au point de nouvelles techniques (cf 3.1.2.). Ils ont défini certaines caractéristiques :

- L'impact d'un objet mou, de faible énergie cinétique, sur le crâne entraîne une dépression à convexité interne et un enfoncement au point d'impact, on parle alors d'*in-bending*, et une déformation à convexité externe en périphérie ou soulèvement, on parle alors d'*out-bending* (fig25).

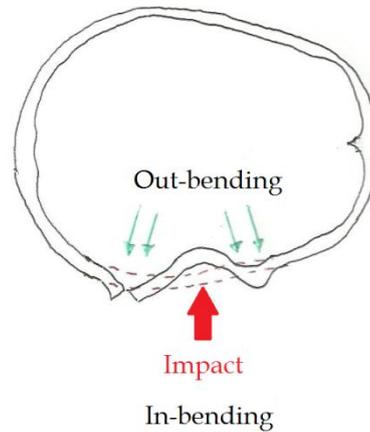


Figure 25 : schéma des phénomènes d'*in-bending* et d'*out-bending*

- Sur l'os nu, la pression minimum nécessaire pour produire une fracture est de l'ordre de 3kg/cm^2 . Mais il faut tenir compte de la remarquable capacité des parties molles à absorber l'énergie cinétique au niveau du scalp. Donc, les pressions doivent être au moins dix fois supérieures, de l'ordre de 30 à 60kg/cm^2 , afin de produire une fracture.
- Les fractures linéaires résultent de l'application d'une force moyenne. Elles naissent à la limite entre la zone d'enfoncement et celle de soulèvement. Les traits se propagent perpendiculairement à la zone de tension concentrique au point d'impact.
- Selon le point d'impact, on peut prévoir la direction et la situation du trait de fracture (fig26):

Point d'impact	Siège et direction habituels du trait de fracture
1- Zone frontale médiane	Plafond de l'orbite
2- Zone frontale latérale	Partie antérieure de la région temporale
3- Zone temporo-pariétale médiane	Région temporale
4- Zone pariétale médiane	Région temporale
5- Zone temporo-pariétale latérale	Fosse cérébrale moyenne
6- Zone pariétale latérale	Région temporale
7- Zone occipitale médiane	Région occipitale latérale
8- Zone occipitale latérale	Trou occipital

³⁹ WERTHEIMER et DESCOTES, 1961

- 1- Zone frontale médiane
- 2- Zone frontale latérale
- 3- Zone temporopariétale médiane
- 4- Zone pariétale médiane
- 5- Zone temporopariétale latérale
- 6- Zone pariétale latérale
- 7- Zone occipitale médiane
- 8- Zone occipitale latérale

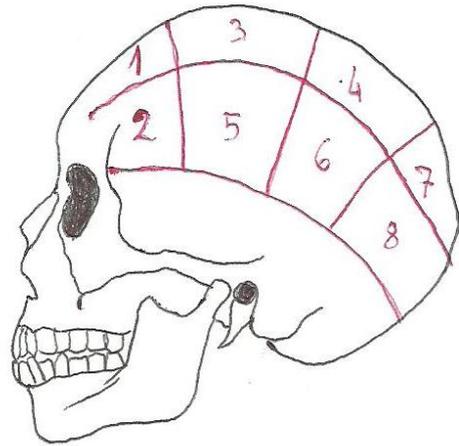


Figure 26 : schéma des différentes zones d'impact

- Les autres fractures dites comminutives – fracture étoilée, fracture multi-esquilleuse, éclatement du crâne – échappent à l'analyse et sont le résultat de violences plus importantes.

En conclusion de cette deuxième partie, on retiendra que les fractures du crâne sont très souvent d'origine traumatique. La connaissance de l'action des différentes armes sur la voûte du crâne, et des ambiguïtés existantes, est nécessaire à l'Expert pour établir un diagnostic. Enfin, quelques considérations mécaniques peuvent l'aider à déterminer le point d'impact avec précision.

3. Les moyens d'exploration et d'expérimentation

Comme nous l'avons vu précédemment, les instruments contondants provoquent fréquemment des fractures du crâne. Nous allons nous intéresser aux outils à disposition de l'Expert pour les décrire. Dans un premier temps, nous verrons quels sont les outils classiques qui sont disponibles pour tous les experts. Puis, dans un second temps, nous étudierons les nouveaux outils qui se développent, leurs avantages et inconvénients. Enfin, dans un troisième temps, nous expliquerons des modèles expérimentaux qui permettent de mieux comprendre les mécanismes des fractures décrits précédemment.

3.1. Les outils classiques

3.1.1. La levée de corps⁴⁰

La levée de corps médico-légale définit l'examen externe du cadavre réalisé en lieu et temps de sa découverte sur réquisition d'un Officier de Police Judiciaire ou du Procureur de la République. Elle est obligatoire, en France, en cas de mort violente ou suspecte. Elle doit remplir trois objectifs :

- l'affirmation de la mort réelle du sujet par la constatation des signes positifs de la mort et des signes négatifs de la vie. Il faut prendre garde aux états comateux (intoxication, hypothermie profonde) qui peuvent être trompeurs.
- la recherche des éléments constitutifs du décès. Ainsi, ils permettent de faire le diagnostic différentiel entre homicide, suicide et accident. Ils peuvent aussi orienter immédiatement l'enquête et la réalisation de l'autopsie.
- l'estimation du délai post-mortem et le recueil des éléments qui aident à établir l'identité de la victime.

Sa réalisation suit une procédure qui repose sur trois principes : le « gel » de la scène de crime, l'absence de précipitation et la collaboration entre les différents intervenants. Cette procédure s'applique en cas de mort criminelle ou suspecte et s'adapte en fonction des circonstances de découverte, de la complexité et de l'étendue de la scène de crime. Elle se déroule en quatre étapes :

- le transport sur les lieux : il doit être le plus rapide possible afin de minimiser les risques de contamination ou les pertes d'indices.
- L'anamnèse : c'est une étape à ne jamais négliger car les renseignements recueillis sont utiles par la suite lors de l'autopsie et lors de l'interprétation des résultats de certaines investigations.
- l'inspection des lieux : l'autorisation de l'Officier de Police Judiciaire est nécessaire avant de venir sur la scène de crime. Cette dernière est reportée sur un plan quadrillé où figurent tous les indices, dont le corps de la victime
- l'examen du corps : il est effectué à distance de la scène de crime après l'avoir évacué, en respectant les différents indices. Le médecin procède à une inspection minutieuse, afin de rechercher tous les éléments matériels qui peuvent avoir un intérêt médico-

⁴⁰ FANTON et MALICIER, 2010

légal, comme par exemple des bijoux, des objets dans les mains, des liens... Ces derniers doivent être photographiés, décrits et laissés en place. Le corps est déshabillé et chaque vêtement est minutieusement examiné. En effet, cela peut apporter des indications sur le moment de la journée quand a eu lieu le décès, la profession de la victime, les conditions météorologiques et sur des événements qui ont eu lieu au moment de la mort. Le médecin apprécie le stade des rigidités et leur topographie pendant cette phase. Toutes les faces du corps sont inspectées : les conjonctives, les orifices naturels et les plis. Il faut ensuite rechercher une mobilisation anormale au niveau du crâne, du rachis, du thorax et des quatre membres. Toutes lésions traumatiques et toutes particularités anatomiques acquises ou constitutionnelles doivent être décrites précisément et photographiées. Enfin, le corps est retourné pour apprécier les lividités : leur topographie, leur couleur, leur caractère fixé ou non et leur compatibilité avec la position de découverte.

Après l'ensemble de ces investigations, le médecin légiste rédige un document où il réunit la totalité des constatations qu'il a faites. Puis il peut donner une forme médico-légale du décès. Quand il est le premier à constater le décès, il remet à l'autorité requérante ce document et le certificat de décès. Par la suite, une autopsie est pratiquée.

3.1.2. L'autopsie⁴¹

L'autopsie médico-légale est réalisée sur la demande des autorités judiciaires et relève de la responsabilité du médecin qui la pratique. Elle doit remplir les trois objectifs suivants :

- l'identification du corps, lorsqu'il n'a pas été identifié au préalable.
- la détermination des causes de décès : décès d'origine naturelle, accidentelle, suicidaire ou criminelle. Elle doit aboutir à la compréhension des mécanismes lésionnels qui sont à l'origine de la mort.
- l'évaluation du délai post-mortem.

Elle est préconisée dans les cas suivants :

- homicide ou suspicion d'homicide,
- mort subite, notamment mort subite du nourrisson,
- violation des droits de l'homme, s'il y a suspicion de torture ou de mauvais traitement,
- suicide ou suspicion de suicide,
- suspicion de faute médicale,
- accident domestique, de travail ou de transport,
- maladie professionnelle,
- catastrophe naturelle ou technologique,
- corps non identifié ou restes squelettiques,
- décès en détention ou associé à des actions de police ou militaires.

L'autopsie se réalise conformément aux principes de l'éthique médicale et avec respect de la dignité de la personne décédée.

⁴¹ GERAUT, 2010

Elle s'effectue en six temps.

- L'examen du corps en état : des officiers de police judiciaire doivent être présents lors de l'autopsie. Celle-ci commence par la description des vêtements avec un inventaire soigneux. Cet examen doit être minutieux afin de rechercher des lésions vestimentaires, qui sont décrites selon leur aspect, leur forme, leur taille et leur localisation ; et tout autre indice matériel, comme de la terre, des cheveux... qui sont prélevés. Une fois le corps nu, il est photographié de face, de profil et en vue postérieure. Avant de nettoyer le corps, des écouvillonnages sont réalisés des différents orifices et les ongles sont prélevés dans un but génétique. S'il y a des liens, de type lien de strangulation, de pendaison ou autre, ils doivent être décrits minutieusement et photographiés. Un examen radiographique peut être pratiqué afin de rechercher un corps étranger radio-opaque, que ce soit un élément lésionnel, comme par exemple un projectile d'arme à feu, ou un élément identificatoire, comme du matériel prothétique. Cet examen permet aussi de rechercher les lésions osseuses récentes et anciennes, ces dernières pouvant servir à l'identification. Enfin, le corps est pesé et mesuré entre le vertex et la partie médiane de la plante des pieds. D'autres mensurations peuvent être prises, notamment le périmètre cervical, thoracique et crânien chez les enfants.
- L'examen externe : cet examen doit aussi être minutieux, complet et systématique. En général, il commence par la face antérieure, puis, la face postérieure. Dans un premier temps, il faut faire une description globale du cadavre :
 - Le type ethnique, le sexe, la corpulence, la couleur des téguments et la pilosité.
 - La description des lividités, leur localisation, leur aspect et leur caractère fixe ou non.
 - La description de la rigidité, si elle est présente, abolie ou résolue et sa localisation.
 - Les anomalies cutanées comme la cyanose, la pâleur cutanéomuqueuse ou l'ictère.
 - La présence d'œdèmes diffus.

Les téguments et les muqueuses sont décrits segment par segment. Toute lésion est détaillée minutieusement en précisant le type, la localisation, la région anatomique et ses dimensions.

- La dissection : elle s'effectue en trois principales étapes : la dissection de la boîte crânienne, la dissection du cou et l'incision de la paroi thoraco-abdominale.
- L'éviscération : il existe différentes techniques d'éviscération. Celle choisie doit être adaptée au cas et aux lésions présentes. Elle s'effectue en deux temps : l'éviscération du bloc cervico-thoracique, puis, celle de la cavité abdominale.
- La dissection des blocs d'éviscération : chaque bloc est disséqué selon une technique particulière.
- L'examen de l'appareil locomoteur : le plastron sterno-costal est d'abord examiné, puis le reste de la paroi thoracique, à la recherche d'ecchymose. Il en est de même avec la vérification de la paroi abdominale et des psoas. L'ensemble du rachis est palpé, les corps vertébraux et les disques intervertébraux sont vérifiés. Enfin, les quatre membres sont inspectés et disséqués.

Différents prélèvements sont réalisés pendant l'autopsie et sont orientés en fonction du contexte :

- Les prélèvements toxicologiques : certains sont obligatoires quelque soit la cause présumée de la mort : le sang périphérique, les urines, le contenu gastrique, les cheveux et la bile. Les prélèvements de l'humeur vitrée, des liquides de putréfaction, nasopharyngé, de viscère, des larves d'arthropodes et de vêtements sont facultatifs.
- Les prélèvements anatomo-pathologiques : des échantillons de cœur, de poumon, de foie, de rein, de cerveau, de pancréas sont prélevés de façon systématique. D'autres prélèvements peuvent être faits, selon les lésions retrouvées, notamment les plaies et les orifices d'entrée des projectiles d'arme à feu.
- Les prélèvements limnologiques : ils sont effectués dans le cadre de la recherche de diatomées, pour évaluer le temps que le cadavre a passé dans l'eau, en cas de suspicion de noyade. Les poumons, le foie, les reins, le cerveau et la moelle osseuse sont prélevés.
- Les prélèvements génétiques : du sang, de l'os, une dent ou du muscle peuvent être utilisés pour rechercher le profil de la victime. De même que tous les orifices peuvent être écouvillonnés, ainsi que des prélèvements unguéaux et autres traces suspectes.
- Les prélèvements odontologiques : ils s'effectuent par la dépose du maxillaire.

Après l'autopsie, un certain nombre d'interrogations sont levées, cependant, il faut souvent attendre les résultats des analyses toxicologiques et des prélèvements anatomo-pathologiques pour avoir une idée précise des raisons de la mort. Dans un certain nombre de cas, il faut faire appel à un anthropologue, afin de réaliser une analyse plus poussée des restes osseux.

3.1.3. L'étude anthropologique⁴²

L'anthropologie lésionnelle est l'analyse des lésions osseuses dans le domaine de l'anthropologie médico-légale. Les questions sont les mêmes que lors d'une autopsie classique :

- quelles sont les circonstances et les causes du décès ?
- Y a-t-il eu l'intervention d'un tiers lors du décès ?
- Quels coups ont été portés, leur violence, leur direction, la position entre l'agresseur et la victime ?

Les avantages de cette discipline reposent sur le fait que les lésions osseuses persistent et sont parfaitement utilisables, même après carbonisation. Cependant, il faut noter que les os ne sont pas toujours retrouvés, ce qui constitue un inconvénient. De plus, des déformations taphonomiques ont lieu et rendent l'interprétation plus difficile. Enfin, quand le décès est purement d'origine viscérale, alors l'anthropologie n'apporte aucune indication utile.

L'anthropologie lésionnelle est fondée sur l'observation. L'analyse d'une lésion osseuse se fait en trois temps :

- est-ce une lésion ante-, péri-, ou post-mortem ?
- quel est le diagnostic lésionnel ? Description, classification et estimation du mécanisme (cf partie 2.2.)

⁴² QUATREHOMME et ALUNNI, 2010

- quelle interprétation peut-on en tirer et les conséquences médico-légales qui en découlent ?

L'observation directe et la radiographie de l'os permettent de rechercher le caractère ante-mortem d'une lésion. En effet, si lors de l'examen de l'os on découvre une fracture consolidée, du matériel d'ostéosynthèse ou des remaniements d'ostéite, cela signe la présence d'une lésion ante-mortem guérie. Cependant, la réparation n'est visible que 10 à 15 jours après son début. Pour rechercher une réparation débutante, il faudra alors pratiquer une triple observation : macroscopique, radiologique et microscopique. De plus, la présence d'une ecchymose osseuse permet d'affirmer l'hypothèse d'un traumatisme ante-mortem : l'ecchymose osseuse « rompt un certain nombre de travées osseuses et provoque une hémorragie intradiplôïque. Le diploé s'infiltré de sang sous l'influence du traumatisme [...] qu'il y ait eu fracture ou non. [...] à la surface de l'os des taches sombres violacées ou brunâtres d'étendue et de forme variables mais toujours bien limitées. [...] les taches sombres ainsi observées trancheront sur les espaces clairs, rougeâtres, de certaines zones moins épaisses différentes des opacités normales qui siègent le long des sutures et, symétriquement, au centre des bosses frontales et pariétales, dues à la plus grande densité de l'os. »⁴³ .

En ce qui concerne les lésions péri-mortem, cela s'avère plus délicat, car il existe une période d'incertitude autour de la mort : il peut s'agir d'une lésion qui a eu lieu au moment du décès, soit autour du décès, avant ou peu de temps après. On peut tout de même retenir les arguments suivants en faveur d'une lésion péri-mortem :

- une hémorragie est visible sur les berges de la fracture et cause une coloration particulière.
- L'absence de décoloration des berges de la fracture par rapport à l'os avoisinant.
- La nature de la lésion : les lésions par armes à feu et par instruments tranchants sont presque toujours péri-mortem, alors que celles par instruments contondants le sont volontiers, mais pas toujours.

Enfin, les lésions post-mortem sont très fréquentes. Les causes à retenir de ces lésions sont : l'action du climat, du sol, des végétaux, des animaux et de l'homme. Pour déterminer si elles sont post-mortem, on peut retenir deux caractères :

- les berges de la lésion sont décolorées par rapport à l'os environnant, mais pas obligatoirement.
- Les caractéristiques des fractures qui surviennent sur un os sec, c'est-à-dire ayant perdu la plupart de ses propriétés élastiques, sont différentes.

Comme nous venons de le voir, les outils classiques permettent de répondre à un grand nombre de questions. Cependant, ils ne sont pas toujours suffisants. Le développement technologique du siècle dernier et la mise au point de techniques de plus en plus pointues, proposent aux Experts des outils qui ne cessent de croître en précision. Dans la partie suivante, nous allons présenter certains de ces matériels.

⁴³ LACROIX, 1972

3.2. Les nouveaux outils

3.2.1. La tomодensitométrie

« La tomодensitométrie (TDM), dite aussi scanographie, tomographie axiale calculée par ordinateur (TACO), CT-scan (CT : *computed tomography*), CAT-scan (CAT : *computer-assisted tomography*), ou simplement scanner pour l'appareil, est une technique d'imagerie médicale qui consiste à mesurer l'absorption des rayons X par les tissus puis, par traitement informatique, à numériser et, enfin, reconstruire des images 2D ou 3D des structures anatomiques. Pour acquérir les données, on emploie la technique d'analyse tomographique ou "par coupes", en soumettant le patient au balayage d'un faisceau de rayons X. »⁴⁴

Cet outil est testé afin d'évaluer son efficacité par rapport à l'autopsie, dans une étude rétrospective danoise, et par rapport à l'utilisation de la radiographie conventionnelle, dans une étude américaine.

Dans la première étude⁴⁵, le CT-scan est réalisé par le médecin légiste. Elle conclut à une assez grande disparité entre l'autopsie et l'interprétation du scanner. En effet, sur les 56 cas étudiés, 34 fractures (61%) ont été correctement diagnostiquées, alors que dans 9 cas (16%) elles ont été partiellement diagnostiquées et dans 13 cas (23%) totalement manquées. De plus, les fractures bilatérales ont été mieux diagnostiquées. Cet outil a aussi pour inconvénient de ne pas remarquer les petites lésions, celles dont la finesse est inférieure à la résolution de l'appareil. On peut conclure que le protocole doit être adapté aux lésions suspectées et que le manipulateur doit connaître les circonstances de décès de la personne. Il faut donc que le manipulateur soit formé et le scanner adapté aux recherches médico-légales.

La seconde étude⁴⁶ a comparé plusieurs techniques d'imagerie impliquant les rayons X : le scanner à haute résolution avec des projections 3D, la tomодensitométrie avec une résolution clinique et la radiographie classique. Les auteurs ont ensuite demandé l'avis d'un radiologue spécialisé en pédiatrie (car c'est une étude sur des cadavres d'enfants). Ils ont évalué la sensibilité et la spécificité des différentes méthodes, en utilisant comme témoin les résultats de la dissection. Ils ont constaté que le scanner à haute résolution, avec des projections 3D, et le scanner conventionnel font le diagnostic des fractures plus précisément que les radiographies classiques. Pour une seule fracture, la sensibilité est de 71% pour les deux premières méthodes et de 63% pour la troisième méthode. Les fractures linéaires ont été mieux identifiées que les diastatiques, surtout lorsqu'elles étaient à distance des sutures. Dans le cas où plusieurs fractures étaient au même point anatomique, le radiologue a eu plus de difficulté à distinguer la présence de plus d'une lésion. En résumé, selon cette étude, il faut retenir que les scanners à haute résolution et les scanners conventionnels ont la même précision pour détecter les fractures du crâne, et que la radiographie X est moins précise et d'une plus faible spécificité.

On retiendra, de ces deux études, que la connaissance préalable de circonstances du décès et de la méthode utilisée est nécessaire pour établir un diagnostic le plus minutieux possible. De plus, la tomодensitométrie est plus précise que la radiographie classique.

⁴⁴ Internet 1

⁴⁵ JACOBSEN et LYNNERUP, 2010

⁴⁶ MULROY et al. , 2012

L'évolution du scanner permet cependant d'avoir de nouveaux outils plus visuels, la reconstruction 3D, et plus précis, la μ CT.

3.2.1.1. La reconstruction 3D⁴⁷

Comme nous l'avons vu précédemment, la tomodensitométrie fait partie intégrante des moyens d'exploration médico-légaux. Avec l'évolution des techniques, les chercheurs ont mis au point la reconstruction 3D. Celle-ci a aussi quelques avantages qui ne sont pas négligeables dans le cas de sévère traumatisme crânien, chez le vivant comme chez le cadavre :

- La reconstruction 3D des fractures et leurs caractéristiques sont similaires à celles vu en autopsie.
- Une mesure approximative des fractures peut être réalisée si elles sont linéaires, ou sur une surface relativement plane.
- La séquence des événements peut être déterminée et la recherche de l'agent vulnérant peut être orientée. En fait, cela reprend deux principes :
 - un trait de fracture est interrompu par un trait de fracture déjà existant (la règle de PUPPE) ;
 - dans le cas d'un violent impact focalisé, la dépression de l'os suit le plus souvent la forme de l'objet vulnérant.
- Le résultat est visuel et permet de le présenter à d'autres experts et à la Cour de Justice (fig27, fig28).



Figure 27 : représentations tridimensionnelles de fractures osseuses (a, b et c) causées par un marteau (d)



Figure 28 : représentations 3D d'impacts (a, b et c) causées par un marteau (d)

Cependant il y a des pièges à éviter. Pour cela il est important de connaître les limites de cette technique. Les lésions très fines, inférieures à la limite de résolution sont très souvent manquantes sur les images scanners. De plus, il existe des artefacts propres au protocole clinique qui limitent les possibilités de diagnostic. Cela rejoint ce qui est dit plus haut : un protocole spécifique doit être envisagé, et une formation, du manipulateur aux spécificités médico-légales ou de l'Expert aux limites et à la lecture des images scanner, est essentielle.

3.2.1.2. Le micro-scanner (μ CT)⁴⁸

Comme l'a montré l'étude danoise précédemment citée, les techniques tomodensitométriques conventionnelles ont une résolution de 1 à 2mm, ce qui ne permet pas toujours d'identifier toutes les lésions. Des chercheurs anglais ont depuis testé la micro-CT : c'est une technologie relativement récente, qui a la capacité d'obtenir des images de très haute résolution, en 2D ou en 3D. En fait, les micro-scanners utilisent un cône qui concentre

⁴⁷ GRASSBERGER et al. , 2011

⁴⁸ ROBSON BROWN et al. , 2011

le faisceau de rayons X, ainsi qu'un détecteur surfacique. Les images sont ensuite reconstruites en utilisant un algorithme, ainsi les voxels produits ont des dimensions inférieures à 0,05mm. Cette très haute résolution a un grand potentiel dans les sciences médico-légales. En effet, elle permet de documenter et d'analyser les lésions osseuses suite à l'action vulnérante d'outils. Enfin, elle autorise l'appariement des blessures et des armes, ainsi que l'histologie osseuse.

Dans leur étude, les auteurs ont montré les avantages de cette technique :

- Les fragments ont pu être étudiés avec une très grande résolution et dans leur totalité, sans être détruits.
- La résolution a permis d'identifier de fines fractures et de déterminer leur profondeur et leur orientation. C'est valable pour une résolution supérieure à 30 µm.
- Les images obtenues sont particulièrement utiles pour les présentations devant la Cour de Justice (fig29). En effet, les traits de fractures apparaissent comme des lignes noires facilement visibles pour un œil non expérimenté. De plus, les images montrent clairement la discontinuité de l'os au niveau de la fracture. Ces images sont donc tout à fait convaincantes pour un non-expert, d'autant plus qu'elles donnent un indice visuel accessible à tous.



Figure 29 : image tridimensionnelle obtenue par la µCT

On peut donc conclure que cette méthode a le double avantage d'être un outil précieux dans l'autopsie médico-légale, car elle aide à faire le diagnostic, et offre une présentation des lésions pour les non-experts.

3.2.2. La microscopie électronique et la spectrométrie⁴⁹

Dans un certain nombre de cas, il arrive que la forme de la blessure ne suffise pas pour déterminer comment elle a été produite. On peut citer, par exemple, le cas de coups de feu tirés tangentiellement au crâne, qui donnent un aspect de traumatisme contondant, ou encore le cas de certaines plaies circulaires avec biseautage interne et externe, qui ne sont pas dues à une blessure par arme à feu. Ainsi, l'utilisation de la microscopie électronique et de la spectrométrie, peut dans un certain nombre de cas analyser les microtraces laissées sur les os et ainsi relier une arme avec la blessure ou déterminer le type d'arme, si elle n'est pas connue. En fait, cet outil a d'abord été utilisé pour étudier les résidus de poudre des armes à feu, et une équipe néerlandaise s'en est servie pour déterminer l'arme utilisée dans des cas où il existait un doute.

« La microscopie électronique à balayage (MEB ou SEM pour *Scanning Electron Microscopy* en anglais) est une technique de microscopie électronique capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon en utilisant le principe des interactions électrons-matière. »⁵⁰

En fait, les électrons interagissent avec l'échantillon à examiner et produisent des signaux qui informent sur sa topographie et sa composition. Différents signaux sont

⁴⁹ VERMEIJ et al. , 2012

⁵⁰ Internet 2

enregistrés, générés à partir du faisceau d'électron, puis des images sont obtenues sur l'ordinateur et une analyse élémentaire est possible. On obtient trois principaux signaux : les électrons secondaires (des électrons lents éjectés de l'échantillon), les électrons rétrodiffusés (ce sont des électrons du faisceau qui conservent quasiment toute leur énergie) et les rayons X. Les premiers donnent une information sur le contraste topographique, donc sur la surface de l'échantillon. Les seconds informent sur la composition de contraste, c'est-à-dire sur la composition, vu que les éléments les plus lourds semblent plus clairs sur l'image finale. Enfin, les troisièmes sont détectés par un spectromètre à dispersion d'énergie. La grande profondeur de champ permise par cette technique donne un aspect tridimensionnel de l'échantillon, ce qui est utile pour comprendre la surface de ce dernier.⁵¹

Cette technique a montré son utilité dans l'étude menée par les Néerlandais : c'est un véritable outil pour lier un agent vulnérant avec les microtraces qu'il a laissées sur l'os (fig30). En fait, cet outil doit être utilisé dans une approche multidisciplinaire entre pathologistes, anthropologues et experts en microtraces et en traces d'outils. Ainsi, la conjonction des différentes recherches augmente l'exactitude des résultats. Il a certes montré son utilité devant une salle d'audience, mais aussi au sein des enquêtes criminelles, afin de déterminer l'instrument vulnérant à chercher. De plus, c'est une méthode relativement simple qui nécessite un échantillon de l'os sec et propre, c'est-à-dire sans tissus mous. L'os est placé dans un porte échantillon, puis la luminosité et le contraste sont réglés de sorte que l'os apparaisse en gris, le métal en blanc et la matière organique en noir. Un témoin ayant ces trois références peut être utile. La recherche de l'échantillon à examiner est manuelle et permet de choisir celui dont les caractéristiques sont les plus pertinentes. Il faut tout de même indiquer à l'Expert ce qu'il doit chercher. Cette étude ne peut se faire qu'après un nettoyage minutieux de l'élément à analyser. Il existe cependant un risque de contamination, mais il est assez aisé de les distinguer des microtraces d'intérêt. En effet, la poussière n'est pas associée à des traces d'outils, mais est dispersée aléatoirement à la surface de l'os. De plus, elle se compose de particules d'une grande variété de morphologie et de composition. Enfin, elle est partiellement noyée à la surface de l'os.



Figure 30 : (A, B e C) coloration artificielle de minéraux trouvés sur les os de la victime, en A du pyroxène, en B du Quartz et en C de l'ilménite. En D spectromètre des minéraux

En conclusion, on retiendra que la microscopie électronique à balayage associée à la spectrométrie à dispersion d'énergie est un outil précieux pour déterminer l'arme à rechercher ou corréler une arme et une lésion osseuse, quelque soit son mécanisme (objet contondant, tranchant ou arme à feu). Son utilisation s'inscrit dans une approche pluridisciplinaire entre anthropologues, pathologistes et experts.

⁵¹ Internet 2

3.3. L'expérimentation

3.3.1. Les premières recherches

Les premières expériences sont menées par MESSENER en 1884 (fig31). Il étudie la biomécanique des fractures du crâne en utilisant des cadavres. Puis, à partir des années 1950, d'autres études importantes sont entreprises. On peut citer : JANSSEN, qui en 1963 étudie la formation des abrasions sur la peau et les blessures par enroulement, ou encore WEINIG et ZINK, qui en 1967 travaillent sur flexibilité et l'élasticité de la peau. Enfin, GURDJIAN, WEBSTER et LISSNER étudient en 1949 le mécanisme des fractures de la voûte sur le cadavre et le singe. En fait, ils enduisent le crâne d'une laque dont les traits révèlent le type et la déformation osseuse après le traumatisme qu'ils lui font subir (*stresscoat technic*) (fig32). La durée et l'intensité de la tension appliquée sont mesurées électriquement (*strainingage technic*). Ce modèle expérimental est aussi utilisé pour étudier les chocs dans la traumatologie routière⁵².



Figure 31 : installation expérimentale de MESSENER utilisée il y a plus de 100 ans



Figure 32 : craquelure de laque de l'os pariétal droit

3.3.2. Le modèle moderne⁵³

Au début des années 2000, une équipe suisse a mis au point un nouveau modèle le « *skin-skull-brain model* » afin d'étudier les blessures par arme contondante (fig33). Leurs expériences reprennent le même fil directeur que celles de MESSENER. Elles offrent l'avantage de ne plus poser de problème éthique, car l'utilisation du cadavre n'est plus nécessaire. Leur modèle a pour particularité d'être le premier pour lequel les différentes structures sont étudiées : le scalp, les tissus mous, le périoste, l'os et le cerveau. En fait, ils se sont inspirés d'un modèle déjà existant et utilisé pour les études de balistiques. Il est composé d'un substitut de tissu mou et d'os, auquel sont rajoutés une peau synthétique et du périoste. Ce dernier est déposé sous un tube dans lequel descend l'outil étudié. Dans le cas de l'étude présentée, c'est un marteau, lesté par un objet plus lourd. Il est possible de modifier le poids et la distance d'où tombe l'objet vulnérant et donc ainsi modifier la force appliquée sur le modèle. De même sa position dans le tube peut être modifiée, afin de changer l'angle de l'impact. Il est posé sur un lit d'argile à modeler, reproduisant ainsi l'élasticité de la colonne vertébrale.



Figure 33 : « *skin-skull-brain model* »

⁵² WERTHEIMER et DESCOTES, 1961

⁵³ THALI, KNEUBUEHL et DIRNHOFER, 2002

Ce modèle montre de nombreux avantages par rapport au modèle biologique :

- Il reproduit de manière fiable la morphologie des blessures.
- Il permet de se concentrer sur ce qui est pertinent.
- Il élimine les problèmes juridiques et éthiques dus à l'utilisation des cadavres et des animaux.
- Il a une durée de vie indéfinie et est disponible à tout moment.

En conclusion, c'est un outil fondamental dans l'étude des blessures par instrument contondant. L'utilisation de la photographie à haute vitesse permettrait d'étudier la dynamique du développement et la morphologie des lésions produites. Enfin, il permet de faire le pont entre les matériaux biologiques et ceux qui sont construits par les mathématiques.

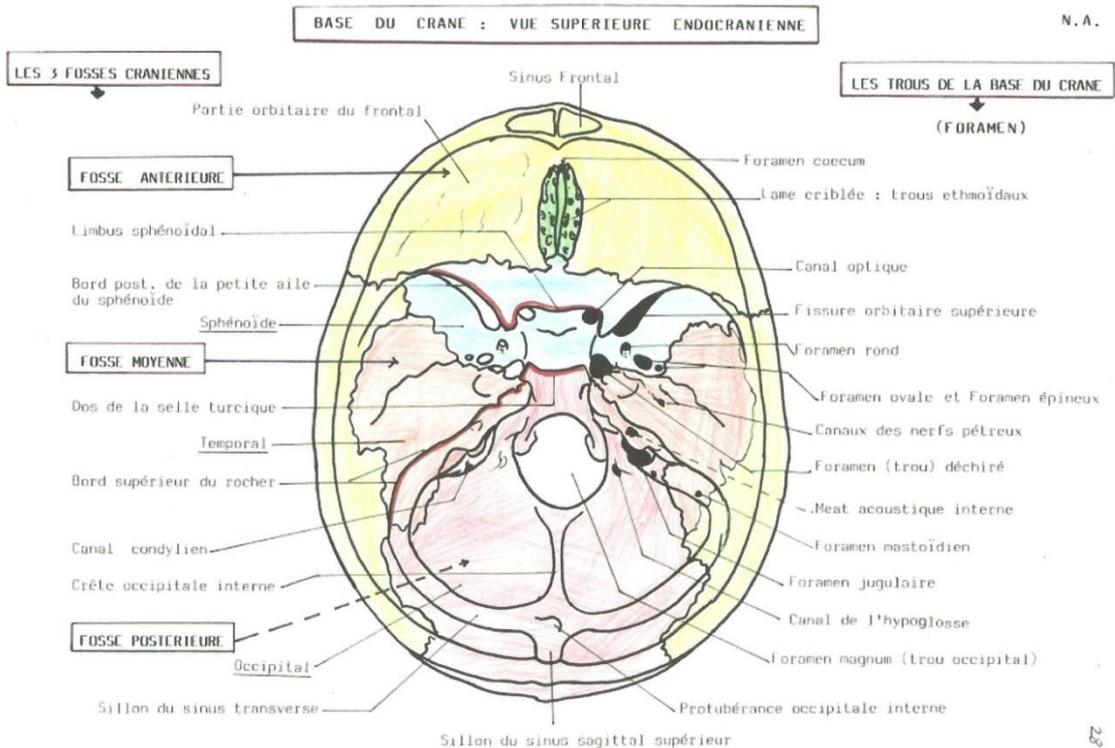
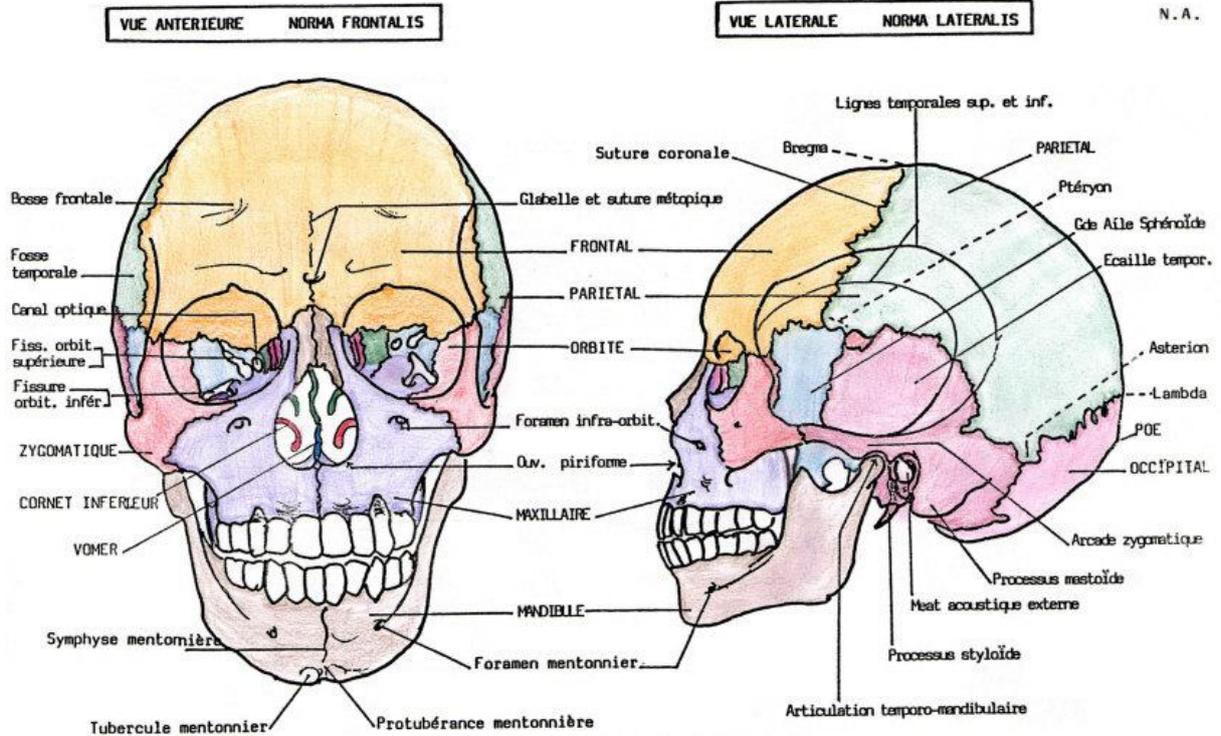
Pour conclure cette partie, on retiendra que les nouveaux outils d'exploration, notamment le scanner et la μ CT, offrent des avantages non négligeables. Ils permettent une description plus minutieuse et une présentation devant la Cour de Justice. Cependant ils ne sont pas toujours disponibles, et les outils classiques peuvent être suffisants. Enfin, le nouveau modèle expérimental paraît prometteur pour mieux connaître les différents mécanismes des fractures.

Conclusion

Les instruments contondants restent encore actuellement une arme de choix dans plus de 20% des cas d'homicides ou tentatives d'homicides. On peut expliquer cela par leur grande diversité de taille et de forme, ainsi que la facilité pour l'assaillant ou la victime de les trouver. Cette diversité offre une hétérogénéité de lésions à étudier pour l'Expert médico-légal. Dans la majorité des cas, les coups sont portés au niveau du crâne, où là aussi la description de leur action n'est pas la plus aisée. La connaissance des effets des différentes armes sur la voûte du crâne, et des mécanismes d'irradiation des fractures, devient un atout nécessaire à l'Expert pour établir avec précision le nombre de coups portés, la forme de l'arme utilisée et la position de l'agresseur. Enfin, le développement de certaines technologies, connues depuis longtemps, a permis d'offrir de nouvelles aides à l'Expert soit pour faire un diagnostic précis, et cela même si le sujet est encore en vie, soit pour illustrer son cas devant la Cour de Justice.

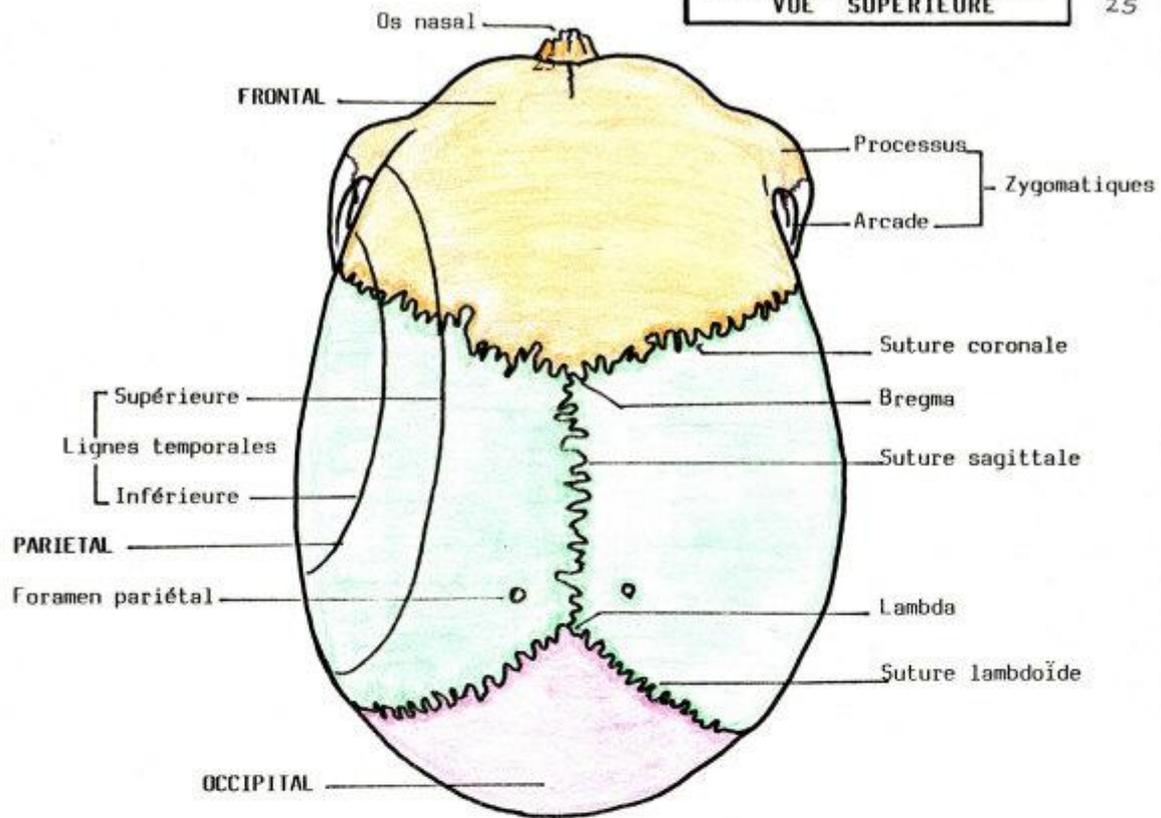
En conclusion, les instruments contondants et leurs effets sur la voûte du crâne ne doivent donc pas être ignorés par l'Expert médico-légal, car c'est un sujet complexe et tout à fait d'actualité. L'étude précise des lésions causées est un merveilleux indicateur pour l'Expert : on peut déterminer la position de l'agresseur par rapport à la victime, l'arme utilisée, la violence des coups portés, mais aussi, dans certains cas, le métier de l'agresseur. Bien que ce sujet semble être bien connu dans la littérature, le modèle expérimental présenté pourrait apporter de nouvelles connaissances notamment sur le mécanisme de formation des fractures. Enfin, l'étude de l'action des instruments contondants chez le cadavre et le développement de nouvelles technologies de plus en plus pointues peuvent être un formidable outil pour établir des diagnostics précis chez des sujets vivants. Parmi ces outils, on retiendra le scanner et la μ CT qui permettent de faire une description beaucoup plus fine des lésions et offrent des images compréhensibles par tous, experts et non-experts.

Annexe 1 : Schémas d'anatomie

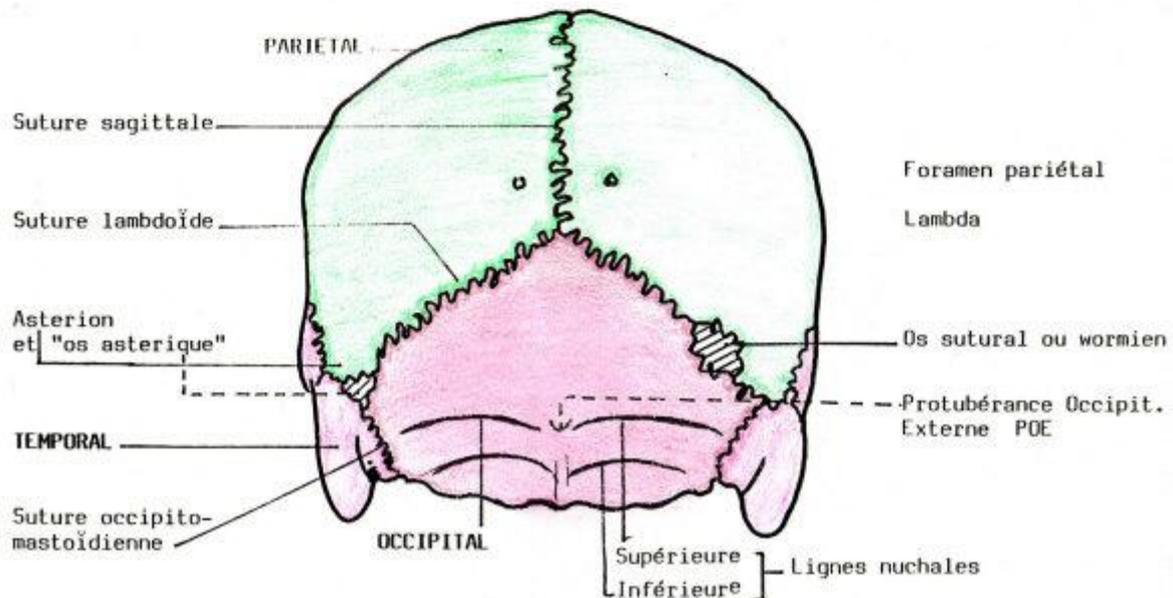


**CRANE NORMA VERTICALIS
VUE SUPERIEURE**

N.A.
25



CRANE NORMA OCCIPITALIS : VUE POSTERIEURE



Annexe 2 :

Tableaux récapitulatifs de l'action des différentes armes sur la voûte du crâne

Critères distinctifs	Armes à feu	Armes blanches	Armes contondantes
Point d'impact	Orifice coupant avec un aspect conique en biseau Inversement de disposition au niveau de l'orifice de sortie	Action coupante : lésion linéaire ou arciforme, superficielle Action perforante : lésion profonde, +/- irradiations étoilées	Forme de l'agent vulnérant avec enfoncement de l'os selon la force appliquée Déformation plastique du crâne
Fractures et irradiations	Lésions radiaires +/- concentriques Propagation plus rapide que le projectile	Concernent les instruments tranchants et lourds Irradiation dans le grand axe de la plaie osseuse Rare atteinte de la base	Irradiations arrondies dans les deux sens +/- atteinte de la base. Possible désengrènement des sutures
Difficultés	Tir tangentiel (lésion en terrasse)	Continuum entre les lésions tranchantes et contondantes	

Tableau 1 : tableau des caractéristiques de l'action de chaque type d'armes

Critères distinctifs	Précipitation	Armes contondantes
Nombre de lacération de la peau	<3 <7cm de long	>3 >7 cm de long
Degré de fracture	Linéaires ou radiales	Comminutives ou dépressives
Latéralisation des fractures et des lacérations	Droite	Gauche
Position par rapport à la « ligne du bord du chapeau »	Dans cette zone de 3cm	Au-dessus de cette zone
Atteintes de la face	Rare	Fréquent, souvent >4
Lacérations de l'oreille	Rare	Fréquent

Tableau 2 : tableau de comparaison entre l'effet d'une précipitation sur le crâne et l'action des armes contondantes

Bibliographie

Ouvrages et articles :

Bacha Rabah (A.), 2007, Les blessures de guerre à la fin du Moyen Age. *Paléobios*, 15: 26

Bouchet (A.) et Cuilleret (J.), 1980, *Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle : le système nerveux central*. Simep, pp 39-40

Catanesi (R.), Carabellese (F.), Troccoli (G.), Candelli (C.), Grattagliano (I.), Solarino (B.) et Fortinato (F.), 2011, Psychopathology and weapon choice : a study of 103 perpetrators of homicide or attempted homicide. *Forensic science international*, 209: pp 149-153

Chattopadhyay (S.) et Tripathi (C.), 2010, Skull fracture and haemorrhage pattern among fatal and non fatal head injury assault victims – a critical analysis. *Journal of injury and violence research*. 2: pp99-103

Fanton (L.) et Malicier (D.), 2010, La levée de corps médico-légale. In: *Traité de médecine légale et de droit de la santé à l'usage des professionnels de la santé et de la justice*. Vuibert, pp 69-73

Géraut (A.), 2010, L'autopsie. In: *Traité de médecine légale et de droit de la santé à l'usage des professionnels de la santé et de la justice*. Vuibert, pp74-88

Grassberger (M.), Gehl (A.), Püschel (K.) et Turk (E.E.), 2011, Case report: 3D reconstruction of emergency cranial computed tomography scans as a tool in clinical forensic radiology after survived blunt head trauma –report of two cases. In: *Forensic science international*, 207: pp e19-e23

Guyomarc'h (P.), Campagna-Vaillancourt (M.), Kremer (C.), Sauvageau (A.), 2010, Discrimination of Falls and Blows in Blunt Head Trauma: A Multi-Criteria Approach. In: *Journal of forensic sciences*, 55: pp 423-427

Jacobsen (C.) et Lynnerup (N.), 2010, Craniocerebral trauma – Congruence between post-mortem computed tomography diagnoses and autopsy results. *Forensic science international*, 194: pp 9-14

Kanz (F.) et Grossschmidt (K.), 2006, Head injuries of Roman gladiators. *Forensic science international*, 160: pp 207-216

Lacassagne (A.), 1906, *Précis de médecine légale*. Masson, pp 379-387 et pp 444-445

Lacroix (M.), 1972, *Etude médico-légale des pertes de substance de la voûte du crâne*. Masson et Cie, 124 pages

Legludic (H.), 1905, *Notes et observations de médecine légale*. Masson, pp 66-120 et pp 228-241

Le petit Larousse illustré, 2005.

Maissiat (C.), 1892. *Considérations sur les traumatismes du crâne étudiés au point de vue médico-judiciaire*. Storck, pp 10-66

Mounier-Kuhn (A.), 2000, Les blessures de guerre et l'armement au Moyen-âge dans l'Occident latin. *Médiévales*, 39 : pp112-136

Mulroy (M.H.), Loyd (A.M.), Frush (D.P.), Verla (T.G.), Myers (B.S.) et 'Dale' Bass (C.R.), 2012, Evaluation of pediatric skull fracture imaging techniques. In: *Forensic science international*, 214: pp 167-172

Perrot (R.), 2011, *Initiation à la paléopathologie*. Cour magistral

Poirier (P.), 1892, *Traité d'anatomie humaine*. Cité par Legludic, 1905

Quatrehomme (G.) et Alunni (V.), 2010, Techniques anthropologiques. In: *Traité de médecine légale et de droit de la santé à l'usage des professionnels de la santé et de la justice*. Vuibert, pp 100-109

Robson Brown (K.), Silver (I.A.), Musgrave (J.H.) et Roberts (A.M.), 2011, Case report: The use of μ CT technology to identify skull fracture in a case involving blunt force trauma. In: *Forensic science international*, 206: pp e8-e11

Tardieu (A.), 1879, *Etude médico-légale sur les blessures, comprenant les blessures en général et les blessures par imprudence, les coups et homicides involontaires*. J. B. Baillière, p 17, p 131 et p201

Thali (M.J.), Kneubuehl (B.P.) et Dirnhofer (R.), 2002, A « skin-skull-brain model » for the biomechanical reconstruction of blunt forces to the human head. In: *Forensic science international*, 125: pp 195-200

Vermeij (E.J.), Zoon (P.D.), Chang (S.B.C.G.), Keereweer (I.), Pieterman (R.) et Gerretse (R.R.R.), 2012, Analysis of microtraces in invasive traumas using SEM/EDS. In: *Forensic science international*, 214: pp 96-104

Wertheimer (P.) et Descotes (J.), 1961, *Traumatologie crânienne*. Masson et Cie, pp 2-4, pp 149-150 et pp 255-256

Sources internet:

1. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Tomodensitom%C3%A9trie> [Wikipédia, l'encyclopédie libre]

2. http://fr.wikipedia.org/wiki/Microscope_%C3%A9lectronique_%C3%A0_balayage [Wikipédia, l'encyclopédie libre]

Iconographie:

Figure 1: Bacha Rabah (A.), 2007, Les blessures de guerre à la fin du Moyen Age. *Paléobios*, 15: 26

Figure 2: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Boleadoras.gif>

Figure 3 : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cestus %28PSF%29.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cestus_%28PSF%29.jpg)

Figure 4 : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Klassischer-Flegel.jpg>

Figure 5 : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:War_hammer2.jpg

Figure 6 :

http://www.eccathdimbsth.acstrasbourg.fr/CD/moyenage_chevaliers/livre_chevalerie/moyenage_chevaliers/lecteur.swf

Figure 7 : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Ballista %28PSF%29.png](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Ballista_%28PSF%29.png)

Figure 8 : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Mangonneau2.png>

Figure 9 : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Brass_knuckles_dsc04625.jpg

Figure 10 : <http://www.japanesejijitsu.org/tag/yawara>

Figure 11 : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Paire_de_tonfas.jpg

Figure 12 : d'après Lacroix (M.), 1972, *Etude médico-légale des pertes de substance de la voûte du crâne*. Masson et Cie, pp. 69 et 76

Figure 13 : d'après Lacroix (M.), 1972, *Etude médico-légale des pertes de substance de la voûte du crâne*. Masson et Cie, p. 34

Figures 14 à 21 : Photographies du musée d'anatomie Testut-Latarjet (Lyon 8^{ème})

Figures 22 et 23 : d'après Guyomarc'h (P.), Campagna-Vaillancourt (M.), Kremer (C.), Sauvageau (A.), 2010, Discrimination of Falls and Blows in Blunt Head Trauma: A Multi-Criteria Approach. In: *Journal of forensic sciences*, 55: pp 423-427

Figure 24 : d'après Bouchet (A.) et Cuilleret (J.), 1980, *Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle : le système nerveux central*. Simep, p 39

Figures 25 et 26: d'après Wertheimer (P.) et Descotes (J.), 1961, *Traumatologie crânienne*. Masson et Cie, pp 2-4

Figures 27 et 28 : Grassberger (M.), Gehl (A.), Püschel (K.) et Turk (E.E.), 2011, Case report: 3D reconstruction of emergency cranial computed tomography scans as a tool in clinical

forensic radiology after survived blunt head trauma –report of two cases. In: *Forensic science international*, 207: pp e19-e23

Figure 29: Robson Brown (K.), Silver (I.A.), Musgrave (J.H.) et Roberts (A.M.), 2011, Case report: The use of μ CT technology to identify skull fracture in a case involving blunt force trauma. In: *Forensic science international*, 206: pp e8-e11

Figure 30 : Vermeij (E.J.), Zoon (P.D.), Chang (S.B.C.G.), Keereweer (I.), Pieterman (R.) et Gerretse (R.R.R.), 2012, Analysis of microtraces in invasive traumas using SEM/EDS. In: *Forensic science international*, 214: pp 96-104

Figures 31 et 33: Thali (M.J.), Kneubuehl (B.P.) et Dirnhofer (R.), 2002, A « skin-skull-brain model » for the biomechanical reconstruction of blunt forces to the human head. In: *Forensic science international*, 125: pp 195-200

Figure 32: Pottier, 1965, Biomécanique des traumatismes crânio-cérébraux. In : *Bulletin n°11 de l'organisme national de la sécurité routière* : 18 pages

Rappels d'anatomie : http://www.univ-brest.fr/S_Commune/Biblio/ANATOMIE/Web_anat/

Lectures complémentaires :

- Jacobsen (C.), Bech (B.H.) et Lynnerup (N.), 2009, A comparative study of cranial, blunt trauma fractures as seen at medicolegal autopsy and by Computed Tomography. In: *BMC medical imaging*, 9: 9 pages
- Kremer (C.), Racette (S.), Dionne (C.-A.) et Sauvageau (A.), 2008, Discrimination of Falls and Blows in Blunt Head Trauma: Systematic Study of the Hat Brim Line Rule in Relation to Skull Fractures. In: *Journal of forensic sciences*, 53: pp 716-719
- Kremer (C.) et Sauvageau (A.), 2009, Discrimination of Falls and Blows in blunt head trauma: assessment of predictability through combined criteria. In: *Journal of forensic sciences*, 54: pp 923-926
- Pottier, 1965, Biomécanique des traumatismes crânio-cérébraux. In : *Bulletin n°11 de l'organisme national de la sécurité routière* : 18 pages
- Seifert (D.), Lambe (A.), Anders (S.), Pueschel (K.) et Heinemann (A.), 2009, Quantitative analysis of victim demographics and injury characteristics at a metropolitan Medico-Legal Center. In: *Forensic science international*, 188: pp 46-51
- Stables (G.), Quigley (G.), Basu (S.) et Pillay (R.), 2005, An unusual case of a compound depressed skull fracture after an assault with a stiletto heel. In: *Emergency medicine journal*, 22: pp 303-304
- Thieraul (A.), Lutz-Bonengel (S.), Sanger (T.), Vogt (S.), Rupp (W.) et Broe Perdekamp (M.), 2012, Case report : Suicide by multiple blunt head traumatization using a stone. In: *Forensic science international*, 214: pp e47-e50
- Weilemann (Y.), Thali (M.J.), Kneubuehl (B.P.) et Bolliger (S.A.), 2008, Correlation between skeletal trauma and energy in falls from great height detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT). In: *Forensic science international*, 180: pp 81-85

Table des matières

Sommaire.....	p.3
Introduction.....	p.4
1. Les armes contondantes.....	p.5
1.1. La difficulté de chiffrer.....	p.5
1.1.1. Epoque préhistorique.....	p.5
1.1.2. Epoque romaine.....	p.5
1.1.3. Moyen-âge.....	p.6
1.1.4. Epoque contemporaine.....	p.7
1.1.5. Epoque actuelle.....	p.8
1.2. Les types d'objets contondants.....	p.9
1.3. Lésions observées.....	p.11
1.3.1. Excoriations, érosions, égratignures.....	p.11
1.3.2. Ecchymoses, épanchements sanguins.....	p.12
1.3.3. Plaies contuses.....	p.13
1.3.4. Attrition et broiement du corps.....	p.14
2. Les fractures de la voûte du crâne.....	p.15
2.1. Pertes de substance d'origine traumatique.....	p.15
2.1.1. Perforation immédiate par fracture.....	p.16
2.1.2. Perforation secondaire à une fracture.....	p.17
2.2. Actions des différentes armes sur la voûte.....	p.18
2.2.1. Les armes à feu.....	p.18
2.2.2. Les armes blanches.....	p.19
2.2.3. Les instruments contondants.....	p.20
2.2.4. La précipitation sur la tête.....	p.22
2.3. Considérations mécaniques et irradiations des fractures.....	p.24
2.3.1. L'architecture du crâne.....	p.24
2.3.1.1. La voûte.....	p.24
2.3.1.2. La base.....	p.25
2.3.2. La localisation des fractures.....	p.26
2.3.2.1. Les fractures de la voûte.....	p.26
2.3.2.2. Les fractures de la base.....	p.26
2.3.2.3. Les fractures communes à la base et à la voûte.....	p.27
2.3.3. Le mécanisme des fractures.....	p.28

3.	Les moyens d'exploration et d'expérimentation.....	p.30
3.1.	Les outils classiques.....	p.30
3.1.1.	La levée de corps.....	p.30
3.1.2.	L'autopsie.....	p.31
3.1.3.	L'étude anthropologique.....	p.33
3.2.	Les nouveaux outils.....	p.35
3.2.1.	La tomodensitométrie.....	p.35
3.2.1.1.	La reconstruction 3D.....	p.36
3.2.1.2.	Le micro-scanner (μ CT).....	p.36
3.2.2.	La microscopie électronique et la spectrométrie.....	p.37
3.3.	L'expérimentation.....	p.39
3.3.1.	Les premières recherches.....	p.39
3.3.2.	Le modèle moderne.....	p.39
	Conclusion.....	p.41
Annexes		
	Annexe 1 : schémas d'anatomie.....	p.42
	Annexe 2 : Tableaux récapitulatifs de l'action des différentes armes sur la voûte du crâne.....	p.44
	Bibliographie.....	p.45
	Table des matières.....	p.49

LES FRACTURES DE LA VOÛTE DU CRÂNE PROVOQUEES PAR LES ARMES CONTONDANTES

Date de soutenance : jeudi 20 septembre 2012

Résumé :

Les armes contondantes sont encore utilisées dans plus de 20% des cas d'homicides, ou tentatives d'homicides. Leur utilisation s'explique par leur grande diversité et la facilité à les trouver. Ce mémoire décrit ces armes et leurs effets. Après avoir défini ces instruments et leur diversité, nous nous intéressons aux blessures qu'ils offrent à voir. Ensuite, nous insistons sur les fractures observées au niveau de la voûte du crâne, en les différenciant de celles produites par d'autres armes. Enfin, nous présentons les différents moyens d'exploration disponibles, aussi bien classiques qu'issus de l'évolution des technologies.

Mots-clés : instrument contondant / fracture / voûte du crâne / autopsie

Abstract :

Blunt weapons are still used in more than 20% cases of homicides or attempted homicides. Their use is explained by their big variety and the ease to find them. This report deals with these weapons and their effects. After defining these instruments and their diversity, we are interested in injuries which they offer to see. Then, we insist on fractures observed at the level of the skull vault, by differentiating them to those produced by other weapons. Finally, we present the different ways of exploration available, both conventional and those from technological developments.

Key-words: blunt instrument / fracture / cranial vault / autopsy

Nom du Maître de mémoire : Docteur Claire DESBOIS

Auteur : Daphné CONESA 10 rue chantoiseau 69110 Sainte-Foy-lès-Lyon