



MORTS PAR ARME À FEU*

DEATHS BY FIREARM

Geoffroy LORIN DE LA GRANDMAISON**

RÉSUMÉ

Cet article a pour objet de faire le point sur les investigations médico-légales à mettre en œuvre lors de décès par projectile d'arme à feu, de la documentation à l'interprétation des blessures au temps de la levée de corps puis de l'autopsie. Les réponses aux questions récurrentes posées au médecin légiste en cas d'homicide par arme à feu sont aussi abordées.

MOTS-CLÉS

Arme à feu, Balistique, Autopsie, Blessure.

ABSTRACT

The purpose of this article is to take stock of the forensic investigations that are to be implemented in case of firearm deaths, from the documentation to the interpretation of the gunshot wounds at the time of the death scene and then of the autopsy. Answers to recurring questions asked to the forensic pathologist in the case of firearm homicide are also discussed.

KEYWORDS

Firearm, Ballistics, Autopsy, Injury.

I. CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE

Les armes sont classées en quatre catégories en fonction de leur dangerosité : arme à feu de poing (revolver, pistolet) pour le tir sportif, arme à feu d'épaule (fusil,

carabine) pour la chasse... Les règles d'achat, de port, de transport, de détention de l'arme varient selon la catégorie A, B, C ou D :

- Catégorie A : Il s'agit d'armes à feu, en particulier d'armes de guerre, dont la détention est interdite, sauf dérogation.
- Catégorie B : Il s'agit d'armes pour pratiquer le tir sportif ou en cas de risque professionnel. Elles sont soumises à autorisation qui est accordée pour 5 ans au maximum, sous conditions.
- Catégorie C : Il s'agit d'armes qui peuvent être achetées sur présentation d'un permis de chasser. Elles sont soumises à déclaration.
- Catégorie D : Les armes de cette catégorie peuvent être achetées et détenues librement. Il s'agit notamment d'armes à feu historiques et de collection.

II. DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Le nombre de décès par arme à feu est variable selon les pays. Le taux de suicide par arme à feu est fortement corrélé à la possession d'une arme à feu.

Le nombre total de décès par arme à feu aux Etats-Unis en 2000 était de 28 663, représenté par 58 % de cas de suicides, 39 % de cas d'homicides et 4 % de cas d'accidents. Le taux de décès américain par arme à feu est de 11,3 décès pour 100 000 habitants alors que ce même taux en Europe est compris entre 0,1 et 0,5 pour 100 000 habitants.

La présence d'une arme à feu au domicile est responsable de nombreux accidents domestiques impliquant souvent des enfants.

Concernant les accidents de chasse, les accidents résultent en cas de chasse au gros gibier d'une méprise sur la cible alors qu'en cas de chasse au petit gibier, un mauvais maniement de l'arme à feu est en cause.

III. NOTIONS DE BALISTIQUE LÉSIONNELLE

La balistique est la science des mouvements des projectiles. La balistique terminale étudie le comportement

* Extrait du livre *Le guide des enquêtes décès* paru aux Editions Eska.

** Professeur de médecine légale à la faculté des sciences de la santé de l'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, anatomo-pathologiste, chef du service d'anatomie pathologique et de médecine légale à l'hôpital Raymond Poincaré de Garches (Assistance Publique – Hôpitaux de Paris).



du projectile dans la matière et la restitution partielle ou totale de l'énergie cinétique de ce projectile. La **balistique lésionnelle** est une subdivision de la balistique terminale et étudie les effets des projectiles sur les tissus vivants. Lors de la traversée d'un corps, la balle communique de l'énergie cinétique aux tissus environnants. Elle provoque le long de son trajet une zone de tissus détruits, appelée **cavité permanente**, et en périphérie une zone plus ou moins importante, appelée **cavité temporaire**, dont la durée est très brève de l'ordre de 10 millisecondes. La taille de la cavité temporaire est fonction de la quantité d'énergie cinétique perdue par la balle pendant son trajet à travers les tissus, de la densité et de la cohésion élastique des tissus traversés. Elle peut atteindre 12 fois le diamètre du projectile en cas de balle à grande vitesse > 600 m/s. Les tissus en périphérie de la cavité permanente sont soumis temporairement à une accélération radiaire et subissent des forces d'étirement, accompagnées de forces de compression et de cisaillement. Ces forces de compression peuvent ainsi être responsables dans le crâne de contusions cérébrales superficielles contre les surfaces osseuses à distance du trajet du projectile intracrânien. Elles sont accompagnées d'une augmentation de la pression intracrânienne. Celle-ci peut entraîner des fractures indirectes (sans lien anatomique avec l'orifice d'entrée ou de sortie osseux) de la base du crâne, en particulier au niveau du plafond des deux orbites. Par ailleurs, la cavité temporaire fusiforme ou conique ondule pendant quelques millisecondes, avec alternance de pressions positives et négatives. Il s'y associe la génération d'ondes de choc de durée très brève de l'ordre de quelques microsecondes, pouvant atteindre des valeurs jusqu'à 200 atmosphères en cas de projectile à grande vitesse. Les tissus de faible densité et possédant un grand degré d'élasticité (ex : poumons) présentent une cavité temporaire de petite taille. Lorsque le seuil d'élasticité d'un organe est dépassé, l'organe peut éclater. Le foie, la rate, le cerveau n'ont par exemple pas d'élasticité, ce qui explique leur fragilité.

La gravité d'une blessure par projectile d'arme à feu est directement liée à la quantité d'énergie cinétique perdue dans les tissus. Cette perte d'énergie cinétique est fonction de :

- l'énergie cinétique du projectile au moment de l'impact ;
- l'angle de bascule du projectile au moment de l'impact : la perte d'énergie cinétique est d'autant plus grande que l'angle est élevé ;
- la balle (calibre, forme de la pointe) : tendance à se fragmenter (projectile à grande vitesse ou après pénétration osseuse), tendance à l'expansion du projectile (en particulier en cas de balle à pointe creuse ou de projectile non chemisé) ;

- la densité, l'épaisseur et l'élasticité des tissus traversés (la perte d'énergie cinétique est d'autant plus grande que le tissu est plus dense).

L'énergie nécessaire pour la pénétration de la peau est variable selon le type de projectile et la résistance cutanée. La traversée cutanée survient pour une énergie de 19 à 21 Joules/cm² et une vitesse minimale du projectile de l'ordre de 50 m/s. Cette traversée entraîne une perte de vitesse du projectile d'environ 20 à 45 %. L'énergie nécessaire pour qu'un projectile sorte du corps et traverse la peau de dedans en dehors est plus importante, du fait des possibilités élastiques du revêtement cutané. Ceci explique que nombre de projectiles sont retrouvés immédiatement en sous-cutané, arrêtés avant leur sortie. La vitesse minimale pour pénétrer l'os est estimée à 60 m/s.

Le pouvoir d'arrêt d'une balle est la quantité d'énergie cinétique que la balle transfère à la cible lors de l'impact. Les balles à pointe creuse ont tendance à se dilater et à se déformer en forme de champignon. Elles ont ainsi une plus grande puissance d'arrêt par rapport aux balles à pointe ronde.

La quantité de mouvement transmise au corps par le projectile est négligeable (une victime de blessure par projectile d'arme à feu même de gros calibre n'est donc pas projetée sous l'effet des projectiles, image souvent véhiculée dans les fictions cinématographiques).

IV. BLESSURES PAR PROJECTILE D'ARME À FEU : ÉLÉMENTS DIAGNOSTIQUES

On distingue les blessures pénétrantes sans orifice de sortie des blessures perforantes avec orifice de sortie. Les blessures perforantes sont transfixantes. Une blessure par projectile d'arme à feu peut être à la fois pénétrante et perforante. C'est le cas par exemple d'une blessure occasionnée par un projectile qui perfore le crâne de part en part, mais reste logé sous le cuir chevelu. Les blessures par arme à feu sont divisées en quatre grandes catégories en fonction de la distance de tir :

- Tir à bout touchant
- Tir à courte distance
- Tir à distance moyenne (ou tir à distance intermédiaire)
- Tir à grande distance

A. Blessures par balle

Ces blessures résultent en règle générale, soit d'armes de poing (revolver, pistolet), soit de fusils à canon rayé (armes d'épaule). Le calibre de ce type d'arme correspond



au diamètre interne du canon, exprimé en mm ou en fraction décimale de pouce (1 pouce = 2,54 cm).

Les armes de poing (revolver, pistolet) tirent des projectiles de faible vitesse et de faible énergie. La vitesse de la balle à la bouche du canon est inférieure à 430 m/s. Les lésions tissulaires observées sont principalement en rapport avec le trajet intracorporel de la balle.

Les fusils à canon rayé (l'intérieur du canon présente des rayures spiralées qui donnent un mouvement de rotation à la balle, améliorant la précision du tir) tirent des projectiles de grande vitesse et de grande énergie. La vitesse de la balle à la bouche du canon est comprise environ entre 600 et 1200 m/s (projectile à grande vitesse). De grandes quantités de gaz de combustion sont produites lors d'un tir. Le caractère vulnérant du projectile est fonction de la taille de la cavité temporaire. Il existe des lésions tissulaires à distance du trajet intracorporel de la balle en raison de cette cavité temporaire. Ces lésions sont en règle générale très sévères. La taille de la cavité temporaire est fonction de la quantité d'énergie cinétique perdue par le projectile dans les tissus. Cette perte d'énergie cinétique est elle-même fonction de la forme et du matériau de la balle, de l'angle d'impact de la balle dans les tissus, du type de tissus traversés. Les projectiles de chasse ont tendance à se déformer (champignonage), comme par exemple les projectiles à pointe creuse semi-chemisés.

Les blessures par projectile à balle d'arme à feu comportent une plaie d'entrée éventuellement associée à un orifice de sortie.

Une plaie d'entrée typique se présente sous la forme d'une plaie contuse constituée d'une perte de substance circulaire ou ovalaire (= orifice d'entrée), entourée d'une collerette érosive (quasi-constante) et d'une collerette d'essuyage (très inconstante). Il peut exister également en périphérie, une zone de tatouage et une zone d'enfumage [1].

Mais il faut être très prudent, car les plaies d'entrée (intracrânienne ou non) peuvent avoir des aspects non conventionnels, même avec des armes, des munitions et des distances de tir « classiques ». L'aspect d'une plaie d'entrée est dépendant de l'arme, de la munition, de la distance de tir, de la localisation de l'impact, des particularités morphologiques de l'individu, etc.

La **collerette érosive** correspond à une abrasion épidermique des berges de l'orifice le long de sa circonférence. Elle est secondaire à l'action mécanique du passage du projectile à travers la peau. Elle se parchemine rapidement après le décès du fait de la dessiccation *post mortem* des tissus, pouvant donner une coloration foncée aux berges de l'orifice à ne pas confondre avec un dépôt de suie (zone d'enfumage). Quelle que soit la distance de tir, les plaies d'entrée présentent sauf exception

une collerette érosive. Cette collerette érosive peut être concentrique ou excentrique. Le caractère excentrique de la collerette érosive peut aider à déterminer la direction du projectile par rapport au plan cutané au moment de son impact. Le caractère concentré de la collerette érosive peut être observé en cas de pénétration du projectile de façon perpendiculaire à la surface cutanée, mais inconstamment car la surface cutanée où siège l'orifice d'entrée n'est pas toujours plane. L'absence de collerette érosive peut être observée sur certains sites anatomiques tels que la paume des mains ou la plante des pieds. La collerette érosive peut aussi être absente en fonction du type de projectile, en cas de blessure provoquée par une balle chemisée à grande vitesse.

La **collerette d'essuyage** se présente sous la forme d'un liseré grisâtre ou noirâtre au niveau des berges d'un orifice d'entrée. Elle est le produit du ramonage de l'âme du canon de l'arme par le projectile qui s'essuie et laisse au bord de l'orifice d'entrée des dépôts principalement constitués de suie, d'éléments métalliques de l'amorce et de lubrifiant. En cas de cible ou d'écran intermédiaire, elle est constamment absente.

1. Plaie d'entrée d'un tir à bout touchant

Lors d'un tir à bout touchant, la bouche du canon de l'arme est en contact avec le corps de la victime. Il s'agit d'un tir à bout touchant appuyé si la bouche du canon est appuyée fermement contre la peau (le contact bouche de l'arme-cible est étroit et étanche) ou d'un tir à bout touchant non appuyé s'il existe une faible force d'appui exercée pour maintenir la bouche de l'arme au contact de la cible (le contact bouche de l'arme-cible est souple et étanche). S'il s'agit d'un tir à bout touchant incomplet, le contact bouche de l'arme-cible est souple ou étroit, mais non étanche. Le canon de l'arme n'est alors pas perpendiculaire au plan de contact de la cible. Pour tous les tirs à bout touchant, des dépôts de suie, des grains de poudre et du monoxyde de carbone (CO) peuvent être retrouvés dans le trajet intracorporel de la blessure. Du CO étant présent dans les gaz de combustion, on peut observer une coloration rouge vif des muscles bordant le trajet de la blessure.

L'aspect d'une plaie d'entrée en rapport avec un tir à bout touchant appuyé peut être le suivant dans les cas typiques :

- Berges de l'orifice brûlées et noircies de suie (les gaz chauds de combustion sont chargés de suie). L'aspect de brûlures est inconstant, rarement confirmé à l'examen microscopique des berges de la plaie d'entrée.
- Possibilité de **chambre de mine** (en fonction du siège) qui résulte de la brusque expansion des gaz de combustion dans les tissus sous-cutanés (effet « blast »). Celle-ci peut modifier complètement



l'aspect de la plaie d'entrée, à type de plaie contuse étoilée, avec des déchirures stellaires plus ou moins communicantes et délabrantes. L'effet chambre de mine peut renforcer l'empreinte du canon sur la peau. L'empreinte est souvent de plus grande taille que les dimensions réelles du canon.

- Présence inconstante d'une abrasion en périphérie de l'orifice reproduisant l'empreinte complète ou incomplète du ou des canons (abrasion circulaire, semi-circulaire, cursive, Figure 1), voire du guidon ou d'autres pièces de l'extrémité de l'arme à feu. Cet aspect, lorsqu'il est présent, peut aider à déterminer la position de l'arme au moment du tir.

2. Plaie d'entrée d'un tir à courte distance

Cette distance peut être définie comme étant la distance maximale à laquelle un tatouage de poudre et/ou un dépôt de suie sont visibles sur la cible [2]. Les tirs à courte distance englobent les tirs à bout portant et les tirs à distance moyenne (intermédiaire) [3].

Un **dépôt de suie** (= zone d'envolage) est un dépôt non persistant au pourtour de l'orifice d'entrée de particules de carbone, issues de la combustion de la charge, disparaissant après lavage (Figure 2). La taille du dépôt de suie augmente avec la distance de tir, alors qu'à l'inverse, sa densité diminue. Le dépôt de suie peut être concentrique ou excentrique, rendant compte dans ce dernier cas d'un tir tangentiel. Les dépôts de suie sont habituellement observés pour des distances inférieures à 30 cm environ pour les armes de poing [3]. Cette distance varie en fait beaucoup en fonction du type d'arme et du type de munition employés. La suie est souvent retrouvée sur les écrans (vêtements notamment).

Un **tatouage de poudre** (= zone de tatouage) se définit par un marquage cutané persistant au pourtour d'un orifice d'entrée effectué par des particules de poudre

partiellement ou non brûlées, ne disparaissant pas après lavage de la blessure (Figure 3). On en distingue deux types : un tatouage avec incrustation des particules dans le tissu cutané et un tatouage sans incrustation. Ce dernier correspond à l'ensemble des abrasions punctiformes secondaires à l'impact sur la peau des grains de poudre (taille millimétrique) non brûlés dont la combustion était incomplète. La densité du tatouage de poudre diminue avec l'augmentation de la distance de tir, alors qu'à l'inverse sa taille augmente. Un tatouage de poudre peut être concentrique ou excentrique, rendant compte dans ce dernier cas d'un tir tangentiel. Le tatouage de poudre est à distinguer du pseudo-tatouage occasionné par l'impact sur la peau de fragments de projectile ou de cibles intermédiaires. Les marques sont dans ce cas plus larges et plus irrégulières que celles observées dans le vrai tatouage de poudre.

Il existe plusieurs types de grains de poudre : les grains sphériques, les grains cylindriques et les grains en paillette. Les grains sphériques, comparés aux autres grains, ont une meilleure forme aérodynamique et traversent en général de plus grandes distances.

Avec toutes les précautions d'usage en matière de distance de tir, le tatouage de poudre s'observe habituellement pour des distances comprises environ entre 60 et 90 cm [4], en fonction de l'arme et de la munition utilisées. Il s'observe en général jusqu'à une distance d'environ 1 m pour les armes de poing [3]. La distance à laquelle on observe un tatouage de poudre est fonction du type de grain de poudre, de la longueur du canon, du calibre, du type de l'arme et de l'existence de cibles intermédiaires (à noter que certains vêtements peuvent être traversés par les grains de poudre). La densité du tatouage de poudre diminue avec la distance de tir. Les bords de la blessure peuvent être brûlés en cas d'utilisation de poudre noire à courte distance ou en cas de port par la victime de vêtements synthétiques (tissus en acrylique par exemple) ayant tendance à



Figure 1. Plaie d'entrée à bout touchant avec empreinte de l'extrémité d'un fusil à double canon juxtaposé.

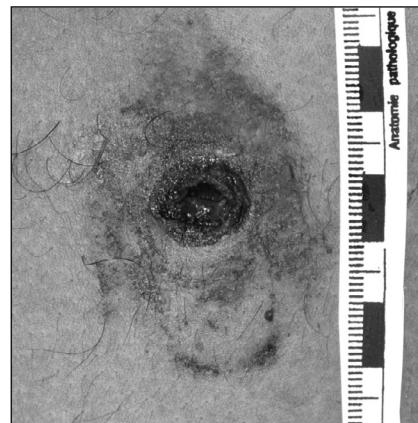


Figure 2. Plaie d'entrée à courte distance avec abondants dépôts de suie.

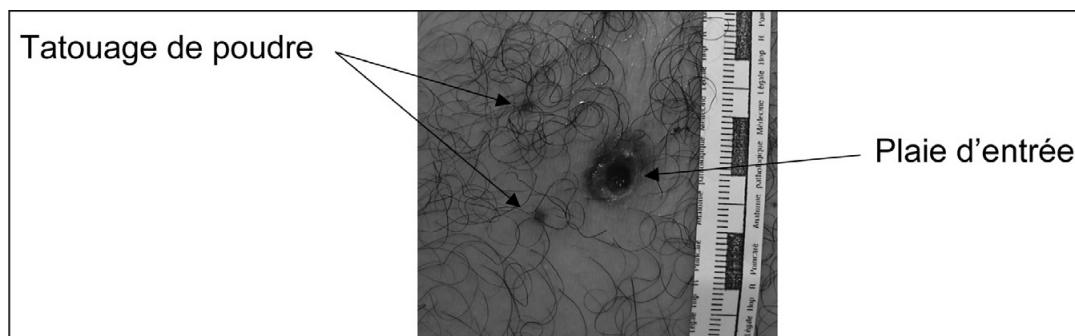


Figure 3. Plaie d'entrée à moyenne distance.

s'enflammer. Les berges de la blessure peuvent aussi être ecchymotiques.

3. Plaie d'entrée d'un tir à grande distance

On parle généralement de tir à grande distance pour des distances de tir ne produisant pas de tatouage de poudre ni de dépôt de suie visibles sur la cible, au-delà d'environ 1 mètre [4].

L'aspect typique d'une plaie d'entrée en rapport avec un tir à grande distance est le suivant :

Présence d'une **collerette érosive** (directement liée au passage du projectile, non à sa chaleur ou à sa rotation, Figure 4). La peau s'invagine vers l'intérieur lors du passage du projectile, le frottement du projectile étant responsable d'une abrasion de l'épiderme [4] :

- Abrasion concentrique.
- Abrasion excentrique en cas d'angulation, du côté d'où vient le projectile. Toutefois, ce caractère excentrique peut aussi s'observer en fonction d'irrégularités de surface anatomique (ex : seins).
- Présence inconstante d'une **collerette d'essuyage** grisâtre ou noirâtre (Figure 4), davantage visible sur les vêtements, nettement délimitée. Ces dépôts sont principalement constitués de suie, d'éléments métalliques de l'amorce et de lubrifiant. La collerette

d'essuyage est visible en l'absence de cible ou d'écran intermédiaire.

La collerette érosive peut être absente notamment en cas de blessure provoquée par une balle chemisée de grande vitesse ou en cas de blessure de siège palmaire [3]. La collerette d'essuyage est rarement visible en cas de projectile chemisé.

Les orifices d'entrée au niveau de la tête peuvent prendre par ailleurs un aspect atypique étoilé, le plus souvent en regard de saillies osseuses (ex : arcades sourcilières, pommettes) ou de la paume des mains et des pieds. Cet aspect peut être alors confondu, soit avec un orifice de sortie, soit avec un orifice d'entrée d'un tir à bout touchant. Les fractures du crâne observées en cas de tir à distance résultent des effets de la cavitation temporaire.

4. Plaies de sortie

Les aspects des plaies de sortie sont très variables. Ils sont moins dépendants de la distance de tir et de l'arme utilisée que les plaies d'entrée, mais il est parfois difficile de faire la distinction entre une plaie d'entrée et une plaie de sortie. Leur étude est aussi importante que celle des plaies d'entrée.

L'aspect typique d'une plaie de sortie est le suivant (Figure 5) :

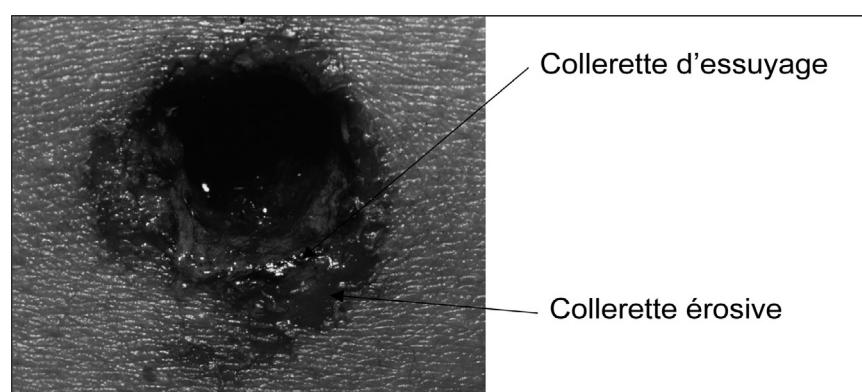


Figure 4. Plaie d'entrée à grande distance.



- Orifice plus grand et plus irrégulier qu'un orifice d'entrée (en raison de l'expansion ou de la bascule du projectile par rapport à son axe)
- Absence de collerette érosive
- Absence de résidus de tir
- Forme de l'orifice très variable (étoilé, circulaire, ovalaire, en croissant, en forme de plaie par arme blanche)



Figure 5. Plaie de sortie temporaire gauche.

Contrairement à un orifice d'entrée, une perte de substance centrale peut ne pas être présente lorsque l'on rapproche les berges d'un orifice de sortie [2,5].

Par ailleurs, on peut avoir un orifice de sortie qui ne correspondra en fait qu'à la sortie du chemisage d'un projectile (qui lui sera toujours intracorporel) ou à une effraction faite par une esquille osseuse (le projectile étant intracorporel).

Une plaie de sortie peut être atypique. C'est le cas des plaies de sortie présentant une collerette érosive, en rapport avec des orifices comprimés par une surface ou un matériel solides (par exemple, orifice de sortie de siège dorsal, la victime étant allongée sur le dos au moment du tir). Une plaie de sortie peut aussi être atypique quand elle est de plus petite taille que l'orifice d'entrée. Un orifice de sortie ne siège pas forcément directement dans l'axe de l'orifice d'entrée correspondant, le trajet de la balle pouvant être dévié après traversée de tissus denses (notamment l'os).

Un orifice de sortie peut être multiple en cas de fragmentation du projectile lors de sa traversée du corps.

5. Plaies d'entrée atypiques

Une plaie d'entrée atypique peut s'observer en cas de **blessures de réentrée** qui surviennent par exemple après perforation du bras de la victime et réentrée thoracique. L'orifice de réentrée présente des berges irrégulières et une large collerette érosive.

L'existence de cibles ou d'écrans intermédiaires (porte, mur, vitre...) que le projectile a dû traverser avant

d'atteindre la victime ou d'un ricochet du projectile contre une surface peut entraîner des orifices d'entrée atypiques. L'orifice peut ainsi présenter un aspect irrégulier et une plus grande taille avec collerette érosive excentrique en raison de la déstabilisation du projectile. Il peut exister un pseudo-tatouage résultant de l'impact des débris de cibles intermédiaires sur la peau. Un déchemisage du projectile peut survenir à l'occasion de la traversée d'une cible intermédiaire, responsable d'une abrasion satellite de l'orifice d'entrée, voire même très à distance, en rapport avec l'impact du chemisage sur la peau. Enfin, la fragmentation du projectile sur écran peut entraîner des orifices d'entrée multiples. Il faut évoquer la possibilité d'un ricochet ou d'une cible intermédiaire si le projectile récupéré dans le corps est plus déformé et siège de façon plus superficielle qu'attendu.

Les **blessures tangentielles** sont des blessures superficielles liées au frottement mécanique d'un projectile rasant la surface cutanée sans orifice individualisable ou traversant les tissus sous-cutanés sans pénétrer davantage. Dans ce dernier cas, les berge cutanées de la blessure peuvent présenter des déchirures dont le sens peut indiquer la direction du projectile. On distingue les **plaies en séton** en rapport avec un trajet tangentiel du projectile dans les tissus sous-cutanés.

Les plaies d'entrée au niveau de la tête peuvent prendre par ailleurs un aspect atypique étoilé, le plus souvent en regard de saillies osseuses (ex : arcades sourcilières, pommettes) [4] ou de la paume des mains et des pieds. Cet aspect peut être alors confondu, soit avec un orifice de sortie, soit avec un orifice d'entrée d'un tir à bout touchant.

Les munitions de calibre 22 (0,22 pouce, soit 5,6 mm) à percussion annulaire peuvent occasionner des orifices d'entrée de très petite taille, surtout à grande distance, qui peuvent soit passés inaperçus, soit faire évoquer à tort une plaie par un instrument piquant ou une plaie contuse secondaire à une chute par exemple [3].

6. Cas particulier des lésions crâniennes par balle

La direction de la balle ayant perforé le crâne peut être déterminée d'après l'aspect des orifices osseux. Un **orifice d'entrée osseux** est rond ou ovale, à bords taillés à l'emporte-pièce au niveau de la table externe (partie externe de la voûte du crâne) et se présente comme un cône évasé vers l'intérieur sur le versant endocranien (Figure 6). Ces aspects en entonnoir peuvent aussi être observés au niveau d'os plats tels que le sternum, les côtes, la crête iliaque (os du bassin) et l'omoplate. Au niveau du crâne, ils peuvent être absents dans les zones anatomiques où l'os est fin (ex : os temporal).



Rarement, plus fréquemment en cas de tir à bout touchant, l'orifice d'entrée osseux peut présenter un biseautage externe. Dans ce cas, le biseautage existe à la fois sur les versants exocrâniens et endocrâniens. **L'orifice de sortie osseux** présente un aspect à l'emporte-pièce sur le versant endocrânien et un cône évasé vers l'extérieur sur le versant exocrânien. L'orifice de sortie osseux peut être incomplet si le projectile n'a pas eu l'énergie cinétique suffisante pour traverser l'os. On observe alors un aspect d'embarrure inversée (aspect d'enfoncement de la table interne du dedans vers le dehors).

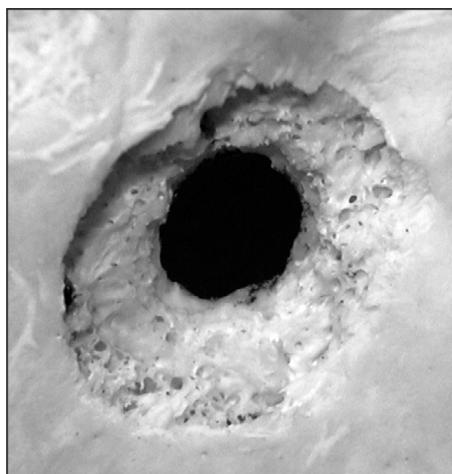


Figure 6. Orifice d'entrée osseux (vue de l'intérieur du crâne).

En cas de tir tangentiel en rapport avec une surface osseuse incurvée, un aspect d'orifice osseux en forme de « trou de serrure » peut s'observer. Ce type d'orifice présente une extrémité dont les bords sont bien limités et l'autre extrémité présente un biseautage externe. On peut estimer la direction du tir d'après cet aspect, le projectile venant du côté de l'extrémité à l'emporte-pièce. Le projectile peut sortir par le même orifice cutané ou bien par un orifice de sortie voisin de l'orifice d'entrée. **En cas de tir à bout touchant**, des dépôts de suie, mais également des résidus de poudre imbrûlés peuvent être mis en évidence sur les bords de la table externe de l'orifice d'entrée avec un décollement périphérique de la galéa qui est soulevée temporairement sous la pression des gaz de combustion [2]. Il est même fréquent que l'on trouve un véritable cercle noirâtre correspondant à des incrustations de plomb au niveau de la berge externe de l'orifice osseux (lors du passage d'un projectile en plomb non chemisé ou partiellement chemisé). Le diamètre d'un orifice d'entrée osseuse peut aider à déterminer le calibre de la balle qui a perforé le crâne, mais sans pouvoir le déterminer avec précision. Les lésions crâniennes sont plus sévères en cas de tir avec un fusil à canon rayé qu'avec une arme de poing. On peut ainsi observer un éclatement complet de la boîte

crânienne. La production de gaz étant moindre pour les armes de poing, on observe dans ce cas des fractures du crâne secondaires à l'augmentation brutale de la pression intracrânienne.

B. Blessures par plombs

Ces blessures résultent de l'utilisation de fusils à canon lisse.

Les fusils à canon lisse peuvent être à simple ou à double canon. Ce type d'arme tire des munitions à plombs constituées d'une amorce, de poudre, d'une bourre (souvent en plastique, qui permet de maintenir la charge de plombs) et de projectiles à type de plombs. Le calibre de l'arme ne correspond pas à une mesure métrique. Le calibre est déterminé par le nombre de balles sphériques au diamètre du canon contenu dans une livre ancienne, soit 190 grammes. Le diamètre d'un canon de calibre 12 est ainsi supérieur au diamètre d'un canon de calibre 20. Un fusil à canon lisse peut aussi tirer des projectiles à balle de type particulier (balles à sabots ou balles rayées). La vitesse du projectile à la bouche du canon est de l'ordre de 400 m/s. Il existe une importante production de gaz de combustion. Les plombs font un effet balle à courte distance, puis se dispersent. Les canons présentent souvent un rétrécissement appelé aussi choke, pour empêcher la dispersion précoce des plombs. Il consiste en un certain rétrécissement de l'âme du canon au niveau de la bouche afin de permettre le groupement de la charge de plombs. La cavité temporaire joue un faible rôle dans les blessures occasionnées.

Par rapport aux blessures par balle, les blessures par projectile à plombs présentent des particularités en fonction de la distance de tir et du siège anatomique des blessures :

- En cas de **tir à bout touchant** appuyé au niveau de la tête, l'éclatement de la boîte crânienne est la règle avec éviscération cérébrale fréquente.
- En cas de **tir à bout touchant en intrabuccal**, des déchirures des commissures labiales peuvent s'observer.
- L'aspect de la plaie d'entrée en cas de tir à **très courte distance** peut être superposable à celui observé en cas d'usage de munition à type de balle, la gerbe de plombs faisant effet balle.
- A **distance rapprochée**, quand il n'existe qu'un orifice d'entrée de grande dimension, la bourre se retrouve fréquemment à l'intérieur du corps. Il est en effet possible de retrouver la bourre dans le prolongement de la blessure même pour des tirs d'une distance d'un mètre. On peut également observer une abrasion satellite de la plaie d'entrée,

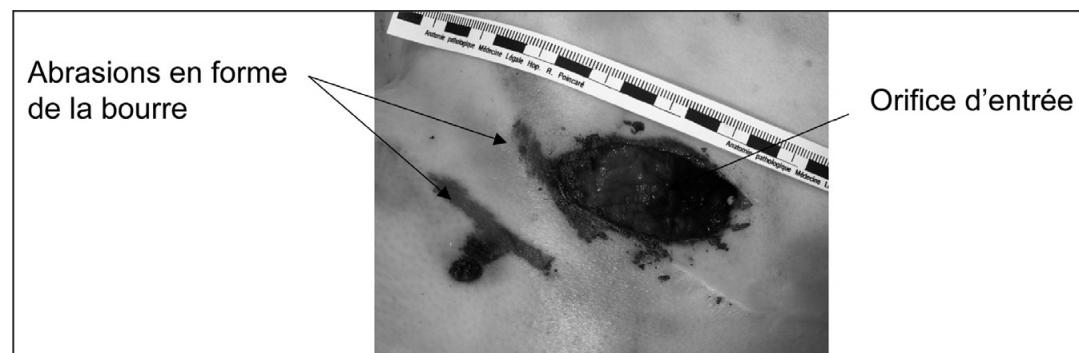


Figure 7. Plaie d'entrée avec empreintes satellites de la bourse

due à l'impact de la bourse sur la surface cutanée (Figure 7). Les bourses à jupe en plastique peuvent provoquer une abrasion en forme de pétales, associée à l'orifice d'entrée. Cette abrasion est visible pour une distance de tir comprise environ entre 30 et 90 cm où les «pétales» de la bourse ont le temps de se déplier pendant la trajectoire.

- Le tatouage de poudre est moins dense par rapport à celui observé avec les armes de poing car la combustion de poudre est plus complète du fait de la longueur du canon.

L'aspect de la plaie d'entrée lors d'un tir à distance est variable en fonction de cette distance. En cas de courte distance, les plombs atteignent la cible en une seule masse, et sont responsables d'un orifice unique (= effet balle). Pour une distance comprise environ entre 60 et 120 cm [5], il existe une dispersion toute débutante de la gerbe de plombs : la plaie est toujours unique, mais présente des berges festonnées, crénelées. Pour une distance approximativement comprise entre 90 et 150 cm, l'orifice d'entrée principal est associé à des orifices satellites correspondant à la pénétration des plombs erratiques qui commencent à se dissocier de la charge principale. A une distance supérieure, il existe une couronne d'orifices satellites autour de l'orifice principal. A grande distance, il ne persiste que de multiples orifices dispersés. Les seuils de distance ne sont bien sûr que des ordres de grandeur, car ils sont très variables selon le type d'arme d'épaule et le type de munition utilisés.

La mesure du diamètre maximum de cette dispersion permet une estimation du diamètre de la gerbe de plombs lors de son impact et peut aider à la détermination de la distance de tir [6]. Elle ne fournit toutefois qu'un ordre de grandeur et seuls des tirs de comparaison avec la même arme et le même type de munition permettent d'estimer avec précision la distance de tir (expertise de la compétence du balistique).

V. CONDUITE À TENIR LORS DE LA LEVÉE DE CORPS ET DE L'AUTOPSIE

Par rapport à une levée de corps standard, la levée de corps d'une victime de projectiles d'arme à feu nécessite :

- de préciser les conditions météorologiques en cas de découverte du cadavre en extérieur. En effet, des précipitations survenues entre le décès et le moment de la découverte du corps, peuvent jouer un rôle dans l'effacement des dépôts de suie autour des plaies d'entrée.
- de s'informer des conditions initiales de découverte du corps et notamment de l'existence de cibles intermédiaires ou d'écrans qui auraient été retirés.
- de s'assurer de la réalisation préalable par un technicien de prélèvements pour recherche de résidus de tir avant toute manipulation du corps.
- d'éviter de déshabiller la victime avant l'autopsie s'il s'agit d'un homicide.
- de ne jamais procéder à une matérialisation des trajectoires par des tiges à travers les orifices des vêtements ou les orifices cutanés.
- d'effectuer un relevé soigneux des traces de sang sur le cadavre avant toute manipulation (incluant les traces sur les vêtements, les mains, les pieds), sur l'arme et dans l'environnement avec prise de photographies selon un protocole précis (repères métriques, positionnement avec repères fixes). L'orientation, la forme des traces de sang peuvent se révéler importantes pour la compréhension des faits [7]. Ainsi, la présence de traces de sang à l'intérieur du canon peut faire évoquer un tir à bout touchant, voire à courte distance [4]. De même la présence de traces de sang sur la ou les mains de la victime peut s'observer en cas de suicide.
- de préciser la présence ou non de particules de rouille sur les mains de la victime. La présence de rouille peut s'observer au niveau de la peau en contact prolongé avec l'arme en cas de suicide [4]. La formation de



rouille est fonction de la fermeté de contact entre la peau et l'arme, le degré d'humidité de la peau et de l'environnement, du temps de contact entre la peau et l'arme, et de l'état de la surface de l'arme [4]. Le temps minimum de formation de rouille, lorsque les conditions sont les plus favorables, est de 135 minutes pour un cadavre [4].

La présence de l'**expert en balistique** est fortement recommandée lors de l'autopsie s'il s'agit d'une affaire criminelle ou potentiellement criminelle.

Dans un contexte de mort par arme à feu, l'autopsie n'a de sens que si elle est complète, respectant un protocole rigoureux.

A. Etapes préliminaires

La ou les armes à feu présumées doivent être présentées dans la mesure du possible au médecin légiste en début d'autopsie, afin de voir la compatibilité du couple arme-munitions avec les lésions et notamment de comparer les marques de canon sur la peau en cas de tir à bout touchant appuyé ou de tester la faisabilité d'un tir en cas de suicide présumé. Il faut garder à l'esprit les contraintes liées aux prélèvements à faire sur l'arme.

Un **examen radiographique** et/ou **radioscopique** du cadavre habillé doit être pratiqué avant l'autopsie. Cet examen doit être complet en raison de la possibilité d'embolisation vasculaire d'un projectile ou d'un trajet dans les voies respiratoires ou digestives. Il peut en effet survenir des phénomènes d'embolisation artérielle ou veineuse du projectile. Le projectile suit en général le sens du courant sanguin. En cas d'embolisation veineuse, le projectile est souvent retrouvé dans les cavités cardiaques droites ou dans les artères pulmonaires. En cas d'embolisation artérielle, le projectile est souvent retrouvé dans la lumière des artères des membres inférieurs. Le phénomène d'embolisation survient plus fréquemment pour des projectiles de petit calibre et de faible vitesse.

L'examen radioscopique est nécessairement complété par la prise de clichés radiographiques, de préférence dans deux plans de l'espace (face et profil), dans les zones anatomiques d'intérêt où des projectiles ou bien des fragments de projectile ont été préalablement mis en évidence.

Au mieux, il est recommandé pour les équipes hospitalières, de faire réaliser un scanner corps entier préalablement à l'autopsie. Ceci permet de faciliter l'autopsie et de minimiser le risque de contestations futures sur les angles et les trajectoires définis par le médecin légiste dans son rapport.

Les vêtements doivent être soigneusement examinés en place, puis une fois enlevés. Il faut les manipuler avec précaution pour empêcher tout transfert de résidus de tir d'un orifice d'entrée vers un autre orifice de voisinage et pour éviter de modifier l'aspect des fibres sur le pourtour des orifices vestimentaires. Il faut vérifier si les pertes de substance observées sur les vêtements correspondent par leur localisation à des blessures sur le corps. Il faut aussi rechercher la présence de résidus de tir au pourtour des orifices présents sur les vêtements. Le caractère éversé vers l'extérieur ou l'intérieur des fibres de tissu peut aider à différencier un orifice d'entrée d'un orifice de sortie. En cas de tir à bout touchant, il peut paradoxalement exister un aspect éversé des fibres du tissu en regard de l'orifice d'entrée sous l'effet de l'expansion des gaz de combustion [2].

Les vêtements sont ensuite séchés et mis sous scellés, conservés dans du papier kraft (un vêtement par sac papier kraft), pour examen ultérieur à réaliser par un expert en balistique.

Si le déshabillage a eu lieu lors de la levée de corps et que le médecin légiste n'était pas présent sur place, les vêtements doivent être présentés au médecin légiste.

B. Documentation des blessures par projectile d'arme à feu

Chaque blessure est située avec précision par rapport à des **repères anatomiques** fixes (osseux de préférence), par rapport à la ligne médiane et par rapport à la sole plantaire et/ou au vertex. Les mesures sont toujours faites à partir du centre virtuel de la blessure, y compris pour un polycrassage d'une gerbe de plombs. En cas de blessure par des plombs, la mesure de la dispersion cutanée des plombs nécessite la mesure des plus grandes distances verticalement et transversalement.

Une lettre est attribuée à chaque blessure car une numérotation chiffrée peut faussement induire en erreur sur l'ordre chronologique des tirs [5]. La numérotation par ordre alphabétique doit permettre de différencier aisément orifices d'entrée et de sortie. Il est déconseillé de laver les plaies puisque de nombreux éléments utiles à l'estimation de la distance de tir pourraient disparaître. De la même manière, si la blessure siège dans une zone anatomique chevelue ou poilue, il faut éviter un rasage qui pourrait également faire disparaître ces mêmes éléments. Chaque plaie par arme à feu est **photographiée**, décrite, puis relevée sur un schéma lésionnel. Une numérotation par ordre alphabétique de chaque blessure à l'aide d'un feutre ou d'un papier adhésif est recommandée lors de la prise des clichés photographiques.

La **description** de chacune des plaies doit comporter le siège anatomique, la taille, la forme et l'orientation



de l'orifice d'entrée ainsi que la présence d'une colleterre d'essuyage, d'une collerette érosive, de résidus de tir sur la peau.

En cas de présence de résidus de tir, il faut préciser les dimensions et la distribution spatiale de la collerette de suie (zone d'enfumage) et du tatouage de poudre par rapport à l'orifice d'entrée. En cas de collerette excéntrique, sa distribution est notée selon un cadran horaire. Les lésions traumatiques satellites de la plaie d'entrée doivent également être décrites, mesurées. La distance qui les sépare du centre de l'orifice d'entrée doit aussi être notée. Ces lésions traumatiques peuvent être secondaires à l'impact d'éléments du projectile (par exemple une bourse), mais peuvent également être une plaie de sortie d'une des parties ou de la totalité du projectile (fragmentation du projectile, chemisage...).

On notera le siège anatomique, la taille et la forme de l'orifice de sortie. L'aspect des berges (éversé, invaginé) doit être précisé.

A titre conservatoire en cas de suicide et à des fins d'analyse systématique en cas de mort suspecte ou criminelle, **toutes les plaies par arme à feu doivent être prélevées** pour analyses anatomo-pathologiques complémentaires. Le **sondage** des blessures est à proscrire avant l'autopsie [1]. En effet, l'utilisation de sondes peut créer de faux trajets de blessures, déformer une blessure ou déplacer un projectile. L'étude des trajets de blessures à l'aide de sondes à pointe mousse intervient ultérieurement, en cours d'autopsie après l'examen plan par plan. Les sondes doivent être introduites progressivement au fur et à mesure de la dissection et de la récupération des corps étrangers (ailettes, bourse, projectile ou ses fragments...), *in situ* à travers les organes blessés (à l'exception du cerveau) et avant l'éviscération complète [6]. L'autopsie permet de faire le **bilan lésionnel** et de donner une description des trajets anatomiques des blessures, qui sont décrits au mieux (si cela est possible) selon la direction et la séquence dans lesquelles les projectiles traversent le corps.

Le siège anatomique terminal de la balle intracorporelle ou de ses fragments les plus importants doit être précisé ainsi que la profondeur de pénétration.

L'autopsie permet d'estimer à l'aide d'un rapporteur les trajectoires avec repérage des angles par rapport à au moins deux plans de l'espace (permettant d'estimer l'angle de tir et l'azimut). **L'angle de tir** (appelé aussi angle de site ou hausse) est l'angle formé par la ligne de tir et le plan horizontal. **L'azimut** (encore appelé direction de tir) est l'angle formé par la ligne de tir et le plan vertical (ou plan sagittal).

Ce n'est qu'après étude des trajets dans les tissus que les trajectoires peuvent être matérialisées par des tiges légères et à bout mousse pour la prise de photographies.

La matérialisation des trajectoires est au mieux réalisée en passant successivement la tige dans la plaie sous-cutanée et musculaire d'entrée, le long du tunnel d'attrition (les organes étant en place avec les rapports anatomiques conservés), puis par l'orifice musculaire et sous-cutané de sortie. Mais le résultat de cette estimation des angles est grossier car la position des viscères dans un organisme mort et en décubitus dorsal n'est pas la même que celle dans un organisme vivant. De plus la position des organes peut varier en fonction des mouvements respiratoires et des battements cardiaques. De surcroît et c'est une notion capitale, une trajectoire balistique n'est que rarement rectiligne ; en effet, outre les possibilités de ricochet interne contre un plan dur, toutes les modifications de la densité organique au fur et à mesure de la progression du projectile peuvent engendrer une modification de trajectoire. Les données autopsiques en matière de trajectoire sont au mieux confrontées aux données scanographiques.

C. Le prélèvement et le conditionnement des projectiles et des éléments de munition

Tous les projectiles et fragments majeurs de projectiles doivent être **impérativement prélevés** par le médecin légiste. En cas de fragmentation du projectile, il est important de récupérer la chemise qui, si elle est métallique, est porteuse de microstries susceptibles d'identifier l'arme ayant servi pour le tir et qui permettra aux enquêteurs, par l'intermédiaire du fichier « Cibles » de rechercher sa participation dans d'autres faits criminels. De même, il est important de récupérer la bourse dont le diamètre est un élément utile pour déterminer le calibre de l'arme utilisée.

Les projectiles présents dans le corps de la victime et dont le repérage peut être guidé par l'usage de clichés radiographiques ou scanographiques, voire par un travail sous scolie, doivent être prélevés à la main. Les pinces métalliques ou en plastique sont à proscrire car elles sont susceptibles de rayer le projectile et de perturber l'analyse au microscope comparateur, qui est effectuée par le balisticien.

Avant tout nettoyage, la présence de corps étrangers adhérents au projectile (matériel organique, fibres...) doit être notée. Des prélèvements avant lavage du projectile sont recommandés dans ce cas. Des prélèvements pour empreintes génétiques peuvent aussi être réalisés, dans les affaires où l'on suspecte la possibilité de tirs transfixiants atteignant plusieurs victimes.

Le siège anatomique terminal de la balle intracorporelle ou de ses fragments les plus importants doit être précisé ainsi que la profondeur de pénétration. Il est aussi recommandé de mesurer la distance du projectile par



rapport à la sole plantaire et/ou au vertex ainsi que sa distance par rapport à la ligne médiane.

Les projectiles doivent ensuite être nettoyés, lavés, séchés, pesés, puis placés dans des flacons avec du coton et enfin mis sous scellés pour expertise balistique ultérieure. Chaque flacon doit être étiqueté avec les renseignements topographiques complets du site anatomique de récupération du projectile afin que les projectiles extraits du cadavre puissent être dans un deuxième temps repérés en fonction du tir. Le nettoyage des projectiles est important car les résidus de tissus biologiques adhérents ainsi que la corrosion sont des éléments susceptibles d'endommager les microstries visibles au microscope comparateur. Lorsqu'il s'agit de balles, tous les projectiles doivent être récupérés. Lorsqu'il s'agit de plombs, un maximum de plombs doit être récupéré, y compris la bourre et l'amortisseur. Un nombre minimal de dix plombs est recommandé en cas de munition à grenade et tous les plombs doivent être récupérés en cas de munition de type chevrotine.

D. Documentation des autres lésions

Les blessures résultant d'autres agents vulnérants doivent aussi être documentées avec précision.

VI. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

La mise en évidence des plaies d'entrée et de sortie, et la présence de résidus de tir sont parfois délicates. Un prélèvement des plaies à visée d'examen anatomo-pathologique doit être réalisé de manière **systématique**. Ne prélever qu'en cas de doute expose à des erreurs importantes qui peuvent avoir des conséquences judiciaires majeures (tir de dos / tir de face).

Les plaies d'entrée et de sortie présumées correspondant à une même blessure doivent être prélevées conjointement si la distance qui les sépare n'est pas importante. Lorsque les orifices sont exploités par une expertise d'anatomo-pathologie, il est conseillé de réaliser [8] :

- une fixation des prélèvements dans du formol.
- une radiographie à foyer fin de la pièce pour la mise en évidence de débris métalliques radio-opaques qui peuvent être présents sur un orifice d'entrée.
- un examen microscopique de l'orifice pour la mise en évidence de dépôts noirâtres superficiels correspondant aux particules de poudre et de métal radioopasques (en cas de plaie d'entrée). Il est possible de mettre en évidence les particules par une coloration avec une solution de rhodizonate [9]. En effet, l'acide rhodizonique forme un sel de sodium (Na-rhodizonate) qui réagit avec les ions métalliques

lourds (baryum, antimoine, plomb) sous forme d'un précipité rouge visible au microscope.

L'examen microscopique peut aussi préciser les caractéristiques de l'orifice d'entrée lorsqu'elles ne sont pas macroscopiquement évidentes et peut aussi aider à différencier une blessure *ante mortem* d'une blessure *post mortem*. L'interprétation doit rester très prudente car tous les débris microscopiques noirâtres observés sur le trajet d'une blessure par projectile d'arme à feu ne correspondent pas forcément à des résidus de tir. Il peut s'agir de saletés rapportées par le projectile ou de débris de cibles ou d'écrans intermédiaires. L'interprétation doit aussi tenir compte du fait que la quantité de débris observés est grossièrement inversement proportionnelle à la distance de tir.

La recherche de résidus de tir est effectuée par les laboratoires de police scientifique. Les résidus de tir correspondent aux microparticules provenant de l'arme et surtout de la munition (charge propulsive, composants de l'amorce, balle, douille), en particulier de la poudre d'amorçage. Il s'agit de particules métalliques principalement représentées par le baryum, le plomb et l'antimoine. La technique habituellement employée pour les détecter est la spectrométrie d'absorption atomique. Les prélèvements nécessaires à la spectrométrie d'absorption atomique sont des écouvillons humidifiés à l'acide nitrique dilué, appliqués sur la face palmaire et dorsale de la partie externe des deux mains de la victime. Le résultat est considéré positif lorsque les trois éléments (baryum, plomb, antimoine) sont présents à des taux significatifs. La présence isolée de taux élevés de baryum peut correspondre à une contamination (il existe des sols riches en baryum). La spectrométrie d'absorption atomique présente un pourcentage élevé de faux-négatifs. Le taux de faux-négatifs est plus élevé avec les fusils à canon rayé ou à canon lisse. Un résultat négatif ne prouve donc pas qu'un individu n'a pas tiré avec une arme. Enfin, un résultat positif peut s'observer pour une personne ayant saisi une arme à feu récemment déchargée. Les résultats doivent toujours tenir compte de la possibilité de contamination. Dans les cas typiques de suicide à l'aide d'une arme de poing, le résultat est positif sur le dos de la main qui tenait l'arme au moment du tir et négatif sur les prélèvements d'autres sièges. Une victime d'homicide qui a levé ses mains dans un geste de défense peut avoir un résultat positif pour les prélèvements effectués sur la face palmaire des deux mains, plus rarement sur la face dorsale.

L'identification de dépôts de tissus humains sur un projectile est possible par amplification PCR de l'ADN à partir d'écouvillons effectués à l'aveugle sur la balle



récupérée sur les lieux de la levée de corps. Cette analyse peut être utile lorsqu'il existe plusieurs victimes et plusieurs munitions récupérées sur place, afin de savoir quelle munition a traversé quelle victime.

Des prélèvements à visée toxicologique doivent être systématiques dans ce type de décès.

VII. INTERPRÉTATION MÉDICO-LÉGALE DES BLESSURES

A. Identification de l'arme

Lorsque l'arme n'a pas été retrouvée sur les lieux, le balistique peut orienter les enquêteurs sur une famille d'armes à partir des munitions ou fragments de munition récupérés sur la scène de crime et lors de l'autopsie. En cas d'arme présumée, le balistique peut affirmer avec certitude que telle arme à feu est bien celle qui a tiré la munition récupérée, par l'étude comparative des microstriures lors de l'usage d'arme à canon rayé.

B. Orientation sur le mode de décès

En matière de décès par arme à feu, le médecin légiste est fréquemment confronté au diagnostic différentiel entre un suicide et un homicide. La faisabilité d'un geste suicidaire avec une arme à feu doit être testée sur le cadavre ; ce test est d'autant plus aisé que la rigidité n'est pas encore constituée, comme c'est parfois le cas lors de la levée de corps sur les lieux. La longueur maximale du membre supérieur dominant doit être mesurée depuis l'aisselle jusqu'à l'extrémité de l'index. Il faut tenir compte d'une limitation physique possible de la victime, du fait par exemple d'un handicap moteur. La faisabilité d'un geste suicidaire peut être testée de façon plus aisée dans un deuxième temps sur une personne sensiblement de même taille et de même corpulence que la victime, autorisant une dynamique de gestes plus ample.

Les éléments à rechercher en faveur d'un suicide par arme à feu sont les suivants [10,11] :

- Siège prédominant des blessures à la tête, suivi du thorax et de l'abdomen. Au niveau de la tête, les sites préférentiels sont la tempe, la bouche, la région sous-mentonnière. Le siège de l'orifice d'entrée peut être atypique (arrière de la tête). En cas d'orifice d'entrée à l'arrière de la tête, la direction de tir habituellement observée dans les suicides est ascendante.
- L'absence d'orifice dans les vêtements évoque un suicide. Il faut toutefois noter qu'un orifice est présent

dans les vêtements dans la grande majorité des cas de suicide (90 %).

- Présence de raptus hémorragiques articulaires (épaule, coude) du côté présumé porteur de l'arme. Ces hémorragies surviennent par distension capsulaire lors du tir en cas d'arme présentant un recul important (armes d'épaule).
- Présence de lésions traumatiques des mains actionnant l'arme à type d'abrasions ou de plaies superficielles, pouvant résulter par exemple du recul d'une culasse mobile d'un pistolet.
- Présence de résidus de tir sur les mains. Des dépôts de suie peuvent parfois s'observer, notamment sur la main qui tenait en place le canon. On peut aussi observer des projections de sang sur la ou les mains ayant tenu l'arme, ainsi que sur l'arme.
- La distance de tir est habituellement un bout touchant ou un tir à courte distance (sauf si usage d'un matériel pour actionner la queue de détente à distance en cas d'utilisation d'une arme d'épaule). Une distance de tir moyenne peut aussi être observée en cas de tir avec une arme de poing.
- Tir unique. La présence de plusieurs tirs n'élimine pas un suicide. Il faut faire alors un bilan précis des lésions afin d'en établir la possibilité (présence d'une seule blessure instantanément mortelle), confronté aux données balistiques (éliminer l'emploi d'une arme à feu automatique avec tir en rafale ou l'emploi simultané de deux armes à feu). Les blessures entraînant une incapacité quasiimmédiate jugées instantanément mortelles sont limitées. Il s'agit essentiellement des lésions du tronc cérébral (protubérance, bulbe notamment) et de la moelle cervicale haute. Les lésions de ces zones anatomiques d'incapacité immédiate peuvent résulter directement du passage du projectile ou être secondaires à l'augmentation brutale de la pression intracrânienne, allant de 100 à 2000 kPa (kiloPascal) [12]. Une incapacité d'installation rapide peut aussi survenir en cas de lésions traumatiques cardiaques ou des gros vaisseaux de la base du cœur avec constitution d'un choc hémorragique. Outre le caractère ou non rapidement incapacitant des lésions cérébrales, la séquence de tirs dans la tête peut être appréciée par l'examen des traits de fracture, produits par les blessures par arme à feu : Un trait de fracture consécutif à un tir ultérieur ne traverse pas un trait de fracture préexistant.
- L'arme est retrouvée dans la main de la victime dans 24 % des cas (en particulier si la victime était assise ou allongée au moment du tir) et dans la grande majorité des cas (69 %) à moins de 30 cm du corps. L'arme est rarement retrouvée à plus grande distance,



notamment si une arme de poing de gros calibre a été utilisée.

Les éléments à rechercher en faveur d'un homicide par arme à feu sont les suivants :

- Les blessures sont souvent plus nombreuses que dans les suicides.
- La distance de tir est variable. On observe une distance courte, intermédiaire ou longue.
- En cas d'orifice d'entrée situé du côté gauche du thorax, une direction de tir orientée de gauche à droite peut suggérer un homicide.
- En cas d'orifice d'entrée de siège temporal droit, une direction d'arrière en avant et/ou descendante suggère un homicide.
- En cas d'orifice d'entrée intrabuccal, une trajectoire de balle orientée de façon descendante suggère un homicide.
- Absence de résidus de tir sur les mains de la victime (sauf exception, par exemple en cas de gestes de défense).
- La topographie des blessures peut être incompatible avec un suicide.
- Présence de lésions de défense.
- Présence de cibles intermédiaires (par exemple les membres supérieurs).

Le médecin légiste doit garder à l'esprit que l'aspect de l'orifice d'entrée se modifie en fonction de la distance de tir et du type de projectile et de la possibilité de cibles intermédiaires, les vêtements en premier lieu. Le même calibre utilisé peut engendrer des orifices d'entrée et de sortie d'aspect différent (selon le site anatomique, la distance de tir, l'existence de cibles intermédiaires). Il s'agit donc pour le médecin légiste d'être toujours mesuré dans ses écrits.

On ne peut pas estimer le calibre d'une balle à partir de la taille de l'orifice d'entrée cutané en raison de l'imprécision des mesures et de l'élasticité cutanée. De même, la mesure du diamètre d'un orifice d'entrée osseux ne peut donner qu'un ordre de grandeur du calibre. Le diamètre d'un orifice d'entrée osseux est plus représentatif du calibre réel du projectile que le diamètre de l'orifice d'entrée cutané.

Le rapport d'autopsie doit impérativement comporter un certain nombre d'éléments dont l'expert en balistique a besoin pour effectuer de façon optimale sa propre expertise balistique.

Ces éléments sont les suivants :

A. Nombre de tirs

Le médecin légiste doit estimer le nombre de tirs, en gardant à l'esprit que le nombre total d'impacts cutanés ne correspond pas nécessairement au nombre de tirs. Par exemple, un tir avec une munition de type chevrotine 9 grains peut entraîner neuf orifices d'entrée, mais l'ensemble correspondant à un seul tir. A l'inverse, un tir à courte distance avec une munition identique peut entraîner un seul orifice d'entrée et plusieurs orifices de sortie. De multiples orifices d'entrée peuvent aussi s'observer lors de la fragmentation du projectile avant son impact cutané, fragmentation pouvant être secondaire au passage dans une cible intermédiaire. De même, un projectile après son entrée dans le corps peut se fragmenter, les fragments du projectile entraînant plusieurs orifices de sortie. Une blessure de réentrée doit être envisagée en cas de continuité d'orifices (ex : perforation initiale d'un bras avant pénétration dans le thorax). En cas de tir avec des munitions à plombs, seul un nombre minimal de tirs peut être estimé en raison de la confluence possible des gerbes de plombs avant leur impact cutané. Un polyciblage ne permet pas de déterminer le nombre de tirs. Enfin, la possibilité de projectiles intracorporels correspondant à une blessure ancienne par projectile d'arme à feu doit être gardée à l'esprit par le médecin légiste. Les orifices dans les vêtements doivent être pris en compte dans le nombre total de tirs, un tir pouvant traverser des vêtements sans occasionner de blessure.

VIII. ÉLÉMENTS DEVANT APPARAÎTRE DANS LE RAPPORT D'AUTOPSIE

Les recommandations en matière de rapport d'autopsie reposent d'une part sur l'emploi d'une terminologie commune entre le médecin légiste et le balisticien pour les principaux termes de balistique lésionnelle et d'autre part sur les éléments qui doivent impérativement apparaître dans le rapport d'autopsie.

Une terminologie commune des principales lésions observées en balistique lésionnelle apparaît indispensable afin que la collaboration entre le médecin légiste et l'expert en balistique soit optimale. En effet, l'expert en balistique est tributaire de la qualité des informations du rapport d'autopsie médico-légale, à la fois manuscrites et iconographiques.

Une description précise des blessures doit impérativement apparaître dans le rapport d'autopsie.

Le médecin légiste doit être en mesure de distinguer les orifices d'entrée et les orifices de sortie, au besoin avec l'aide d'examens complémentaires. Il doit justifier son interprétation par un ensemble de caractéristiques qu'il doit rechercher et faire apparaître dans son rapport.



B. Distance de tir

L'estimation des distances de tir par le médecin légiste doit être la plus prudente possible. D'une façon générale, il ne peut que donner un ordre de grandeur concernant la distance de tir. En effet, l'examen macroscopique des orifices d'entrée ne donne que des éléments d'orientation, à l'exception des tirs à bout touchant.

La possibilité d'une cible intermédiaire qui peut porter les résidus de tir (draps, couverture, tir dans une poche...) doit toujours être gardée à l'esprit. Dans ce cas en effet, l'estimation de la distance de tir peut être erronée par la présence de cette cible intermédiaire. Une cible intermédiaire peut en effet considérablement altérer l'aspect d'une blessure par projectile d'arme à feu. De plus, de multiples facteurs influencent grandement la distribution spatiale du tatouage de poudre et des dépôts de suie (à commencer par la charge et le type de poudre). Ces facteurs ne peuvent être pris en compte que par l'analyse de tirs expérimentaux. De même, en cas de projectiles à grenade ou à chevrotine, le degré de dispersion des plombs dépend de plusieurs facteurs dont le type de charge, la pression développée par la munition, le type de bourre, la longueur du canon ainsi que la valeur du choke.

La distance des tirs est estimée au mieux par des tirs de comparaison dans le cadre d'une expertise balistique. L'estimation définitive des distances de tir nécessite donc impérativement l'analyse de l'expert en balistique qui se forge son opinion à partir des données suivantes :

- les photographies et constats de procès-verbaux de transport, constatations et mesures prises ;
- les procès-verbaux d'assistance à autopsie ;

- l'étude des vêtements ;
- les descriptions des blessures de la victime dans le rapport d'autopsie ;
- les essais de tirs avec le couple arme-munitions de question.

La distance de tir est estimée selon la dispersion géographique des résidus de tir, aussi bien pour les blessures que pour les cibles intermédiaires.

C. Trajectoire intracorporelle des tirs

Le médecin légiste ne peut estimer que la trajectoire intracorporelle du ou des tirs, ce qui ne préjuge en rien de leur trajectoire initiale, notamment en cas de ricochet. Ainsi, la trajectoire relevée peut ne pas correspondre à la trajectoire réellement parcourue par le projectile. Il faut de plus tenir compte de la possibilité de ricochet interne après pénétration du projectile.

Les trajectoires peuvent être dénommées arbitrairement $A \rightarrow A'$, $A_1 \rightarrow A_2$ ou $A \rightarrow B$, A étant l'orifice d'entrée, A' , A_2 ou B étant l'orifice de sortie. Classiquement la terminologie employée est la suivante pour un sujet en position anatomique : de l'avant vers l'arrière (ou l'inverse), de la droite vers la gauche (ou l'inverse), de haut en bas (ou l'inverse). La trajectoire doit être décrite de l'entrée vers la sortie. Si des angles ont été mesurés, il faut employer une terminologie du type « La trajectoire du tir fait un angle d'environ x° par rapport au plan sagittal ou par rapport au plan horizontal. »

L'azimut et l'angle de tir sont au mieux représentés sur un schéma lésionnel (Figure 8).

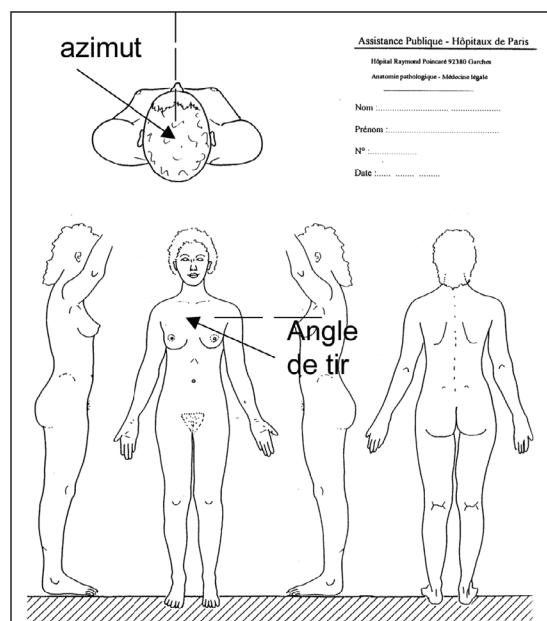


Figure 8. Schéma lésionnel avec trajectoire visualisée.



D. Type de munition employée pour le ou les tirs

Le médecin légiste et l'expert en balistique peuvent émettre des hypothèses avec prudence sur la compatibilité entre les caractéristiques morphologiques d'un orifice d'entrée (forme et taille) et un projectile de question. La description du type de projectile récupéré est plus du ressort du balistique que du médecin légiste. Concernant la question, la validation ne peut être faite que par l'expérimentation balistique.

E. Cause du décès

La cause du décès doit être clairement identifiée par le rapport d'autopsie. Le médecin légiste doit distinguer pour chaque tir, s'il s'agit d'un tir mortel ou non mortel en fonction d'une possible prise en charge médico-chirurgicale précoce. L'incapacité immédiate résultant d'une blessure n'existe qu'en cas de lésions traumatiques du tronc cérébral et de la moelle épinière cervicale haute. En cas de lésions viscérales graves autres, la perte de conscience ne survient qu'après un délai de l'ordre de 5 à 10 secondes, temps d'épuisement estimé des réserves cérébrales en oxygène.

La prise en compte de lésions de violence associées faisant intervenir d'autres agents vulnérants doit par ailleurs être précisée.

F. Séquence des tirs

Il n'existe pas d'argument médico-légal de certitude pour estimer la chronologie des tirs, en dehors du fait que la séquence de tirs multiples dans le crâne peut être déterminée sur la base du fait que les lignes de fracture ne croisent pas des lignes de fracture préalables. L'étude anatomo-pathologique des blessures est dans la plupart des cas très peu informative en raison du caractère grossièrement contemporain des blessures. Le médecin légiste doit aussi garder à l'esprit que dans le cas d'un tir en rafale, les blessures occasionnées sont quasi-simultanées.

G. Position de la victime au moment des tirs

Le médecin légiste est seulement en mesure d'établir la compatibilité ou non de la position de la victime au moment des tirs par rapport aux déclarations de l'auteur ou de témoins éventuels et en fonction de la configuration des lieux (avec prise en compte par exemple de cibles intermédiaires). Les traces de sang retrouvées dans l'environnement du cadavre, sur les vêtements et sur la peau de la victime doivent être interprétées

avec la plus grande prudence. N'ont de valeur que celles répertoriées et photographiées sur place lors de la découverte du corps. Il faut toujours tenir compte de la grande souplesse du corps humain, en particulier dans les questions de faisabilité d'un geste suicidaire. La position de la victime et du tireur est au mieux estimée lors des opérations de reconstitution par le binôme balistique/médecin légiste. Dans les cas complexes, une expertise en morpho-analyse des traces de sang est aussi utile.

IX. QUESTIONS COURANTES SOULEVÉES EN CAS DE MORTS PAR ARME À FEU

A. Quelle était la distance de tir ?

Les données médico-légales doivent toujours être confrontées aux données de l'expertise balistique afin de pouvoir répondre à cette question. Hormis les situations typiques de tir à bout touchant, seule une estimation de distance peut être donnée. L'expertise balistique a toujours une valeur probante supérieure à celle de l'autopsie.

B. Quelle était la direction de tir ?

Le médecin légiste peut estimer au mieux la trajectoire intracorporelle du tir, en tenant compte de la possibilité de ricochet interne. L'estimation globale de la direction du tir doit être faite par l'expert en balistique qui doit tenir compte de la possibilité de ricochet externe avant la pénétration du projectile dans le corps de la victime.

C. Quelle était la séquence de tirs ?

Il s'agit d'une question à laquelle il est souvent difficile de répondre. Lorsque les tirs sont rapprochés dans le temps (quelques secondes), la séquence peut être éventuellement déterminée uniquement en cas de tirs à la tête. Si les tirs sont plus espacés (plusieurs minutes), la séquence peut éventuellement être estimée à partir des épanchements hémorragiques intracorporels (les premiers tirs entraînent de plus volumineux épanchements par rapport aux derniers lorsque ceux-ci surviennent alors que l'activité cardiaque est déjà réduite consécutivement à l'état de choc hémorragique) et de l'examen anatomo-pathologique des blessures (possibilité de réaction inflammatoire toute débutante pour la blessure en rapport avec le premier tir).



D. Quelle était la position de la victime par rapport à l'agresseur ?

Cette question doit impérativement être abordée lors des opérations de reconstitution. Les données de l'autopsie doivent être confrontées aux données de l'expertise balistique en matière de distance et de trajectoire du ou des tirs, en fonction de la configuration des lieux. Il faut toujours garder à l'esprit que la victime et l'auteur ne sont pas dans une position statique, mais dynamique, de nature à rendre possibles des trajectoires inhabituelles.

Une trajectoire ascendante d'un tir ne doit pas être interprétée comme étant uniquement le fait d'un auteur de plus petite taille que la victime. De nombreuses situations peuvent expliquer une trajectoire ascendante :

- En cas d'usage d'une arme d'épaule, tir effectué l'arme tenue contre la hanche.
- Auteur en position allongée ou jambes fléchies lors du tir.
- Victime en position surélevée par rapport à l'auteur au moment du tir.
- Victime se penchant en avant lors du tir.

E. Un orifice d'entrée dans le dos de la victime traduit-il forcément que le tireur était derrière la victime ?

En cas de tirs multiples, la victime peut pivoter sur elle-même, présentant son dos au tireur qui n'a pas changé de place, alors qu'au moment du tir initial l'auteur et la victime se faisaient face.

F. La victime pouvait elle encore se déplacer après avoir été blessée ?

Si les lésions traumatiques constatées à l'autopsie sont responsables d'un décès quasi-immédiat (par exemple blessure du tronc cérébral), la réponse est clairement non. Dans la plupart des cas, les blessures par projectile d'arme à feu n'entraînent pas un décès immédiat. Pendant la période qui précède l'installation d'un choc hémorragique, la victime peut ainsi se déplacer et être retrouvée morte à un endroit très éloigné du lieu initial de tirs.

G. Quelles étaient les chances de survie de la victime ?

A partir des scores ISS (Injury Severity Score), RTS (Revised Trauma Score) et de l'âge du patient peut être calculée une probabilité de survie.

Les chances de survie de la victime doivent aussi tenir compte d'un éventuel état pathologique antérieur pouvant se décompenser à l'occasion de l'événement traumatique.

En matière de blessures par projectile d'arme à feu, les chances de survie sont majorées lorsque le délai de prise en charge médico-chirurgicale est court. ■

RÉFÉRENCES

- [1] Miras A, Fanton L, Tilhet-Coartet S, Malicier D. *La levée de corps médicolégale*. Edition ESKA, 1998.
- [2] Spitz WV, Fischer RS. *Medico-legal investigation of death*. 3rd edition, Thomas Books, 1993.
- [3] Di Maio V. *Gunshot wounds. Practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. 2nd edition. CRC Press, 1999.
- [4] Saukko P, Knight B. *Knight's forensic pathology*, 3rd edition, Arnold, London, 2004.
- [5] Lew E, Dolinak D, Matsches E. *Firearm injuries In Forensic Pathology. Principles and Practice*, Elsevier, 1st edition, 2005.
- [6] Cassidy M. *Smooth-bore firearm injuries In The pathology of trauma*, Edward Arnold Ltd, 3rd edition, 1993.
- [7] Yen K, Thali MJ, Kneubuehl BP, Peschel O, Zollinger U, Dirnhuber R. Bloodspatter patterns: hands hold clues for the forensic reconstruction of the sequence of events. *Am J Forensic Med Pathol*. 2003;24:132-40.
- [8] Durigon M. *Pratique médico-légale*. 2^e édition, Masson, Paris, 2004.
- [9] Marty W, Sigrist T, Wyler D. Determination of firing distance using the rhodizonate staining technique. *Int J Legal Med* 2002;116:1-4.
- [10] Karger B, Billeb E, Koops E, Brinkmann B. Autopsy features relevant for discrimination between suicidal and homicidal gunshot injuries. *Int J Legal Med* 2002;116:273-8.
- [11] Lorin de la Grandmaison G, Fermanian C, Aegeuter C, Durigon M. Influence of ballistic and autopsy parameters on the manner of death in case of long firearms fatalities. *Forensic Sci Int* 2008;177(2-3):207-213.
- [12] Karger B, Brinkmann B. Multiple gunshot suicides: potential for physical activity and medico-legal aspects. *Int J Legal Med* 1997;110(4):188-92.