

Blessures par arme à feu

Dr Geoffroy LORIN DE LA GRANDMAISON¹

RÉSUMÉ

Les blessures par projectile d'arme à feu sont fréquentes en médecine légale. Cet article propose des recommandations utiles pour le médecin légiste amené à pratiquer une autopsie d'une victime de blessures par projectile d'arme à feu. Il souligne la nécessité d'une étroite collaboration entre balisticiens et médecins légistes afin de permettre une interprétation correcte des blessures par projectile(s) d'arme à feu.

Mots-clés : Ballistique, Blessures par projectile d'arme à feu, Autopsie.

SUMMARY

Gunshot Wounds

Gunshot wounds are frequent in forensic pathology. This article suggests some guidelines useful for the forensic pathologist who performs an autopsy in case of lethal gunshot wounds. It also underlines that a close collaboration between ballistics experts and forensic pathologists is required in order to make a correct interpretation of gunshot wounds.

Key-words: Ballistics, Gunshot wounds, Autopsy

¹. Service d'anatomie pathologique et de médecine légale, Hôpital Raymond Poincaré, 104, boulevard Raymond Poincaré, 92380 Garches, France.

1. CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE

Concernant la réglementation des armes, les armes à feu sont classées en différentes catégories :

- ✓ **Première catégorie** : Armes à feu de guerre, interdites sauf pour l'utilisation dans le cadre d'une affiliation à la Fédération Française de Tir.
- ✓ **Quatrième catégorie** : Armes à feu dites de défense, soumises à autorisation préfectorale (ex : armes de poing, certaines armes longues comme les fusils à pompe).
- ✓ **Cinquième catégorie** : Armes de chasse, soumises à déclaration (armes longues à répétition ou semi-automatique, armes à canon rayé) ou en détention libre (armes longues à canon lisse à un coup).
- ✓ **Septième catégorie** : Armes de tir, de foire ou de salon, soumises à déclaration ou en détention libre (en fonction de leurs caractéristiques).
- ✓ **Huitième catégorie** : Armes historiques (à poudre noire) et de collection, en détention libre.

2. 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.

La présence d'une arme à feu à 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.

En France, les données les plus récentes fournies par l'INSERM SC8 remontent à l'année 1999 pendant laquelle ont été respectivement rapportés 2 029 cas de suicides, 155 cas d'homicides et 100 cas d'accidents par arme à feu. Il existait par ailleurs 327 cas pour lesquels les circonstances de décès étaient indéterminées.

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.

3. NOTIONS DE BALISTIQUE LÉSIONNELLE

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

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

On distingue les blessures pénétrantes sans orifice de sortie des blessures perforantes avec orifice de sor-

tie. Les blessures perforantes sont transfixiantes. 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.

4.1. Blessures par projectile à balle d'arme à feu

Ces blessures résultent en règle générale soit d'armes de poing, 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⁻¹. Les lésions tissulaires observées sont principalement en rapport avec le trajet intra-corporel 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⁻¹ (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 intra-corporel 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.

Mais il faut être très prudent, car les plaies d'entrée (intra-crânienne 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 dessication *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 concentrique 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'essaie et laisse au bord de l'orifice d'entrée des dépôts principalement constitués de suie, d'éléments métal-

liques de l'amorce et de lubrifiant. En cas de cible ou d'écran intermédiaire, elle est constamment absente.

4.1.1. *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 intra-corporel 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).
- ✓ 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 canon (abrasion circulaire, semi-circulaire, cursive...) 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.

4.1.2. 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. Les tirs à courte distance englobent les tirs à bout portant et les tirs à distance moyenne (intermédiaire).

Un **dépôt de suie** (= zone d'encumbrance) 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. 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. Cette distance varie en fait beaucoup en fonction du type d'arme et du type de munition employés. Elle 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. 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 puctiformes 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 ont une meilleure forme aérodynamique et traversent en général de plus grandes distances comparés aux autres grains.

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

4.1.3. 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. Ces distances sont habituellement supérieures à 1,5 m.

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) :

- Concentrique ;
- 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, 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. 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, pommette) 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.

4.1.4. 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 un orifice de sortie. Leur étude est aussi importante que celles des plaies d'entrée.

L'aspect typique d'une plaie de sortie est le suivant :

- ✓ 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, en croissant, en forme de plaie par arme blanche).

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.

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 intra-corporel) ou à une effraction faite par une esquille osseuse (le projectile étant intra-corporel).

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 allongé sur le dos au moment du tir). Une plaie de sortie peut aussi être atypique quand il 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.

4.1.5. 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 la 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 berges 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, pommette) 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.

En cas de tir par un revolver, l'intervalle entre la canon et le barillet peut laisser échapper dans une direction perpendiculaire à celle du canon des gaz de com-

bustion, de la suie et des grains de poudre. Des brûlures cutanées, des dépôts de suie, un tatouage de poudre voire un pseudo-tatouage (fragments de plomb de la balle) peuvent ainsi être observés à proximité de l'orifice d'entrée.

Les munitions de calibre 22 (0.22 inch 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. Les munitions de type 22 Court produisent peu de gaz et de suie. En conséquence, les orifices d'entrée d'un tir à bout touchant effectué avec ce type de munitions peuvent ressembler à des orifices de tir à distance en raison du caractère peu marqué du noircissement et des dépôts de suie. Les munitions de type 22 Court ne produisent généralement pas de fracture du crâne (au maximum fracture du toit des orbites) et ont tendance à faire des ricochets internes dans le crâne. A l'inverse, les munitions de type 22 Long Rifle produisent fréquemment des fractures du crâne avec possible perforation du crâne.

4.1.6. 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 et se présente comme un cône évasé vers l'intérieur sur le versant endocrânien. Ces aspects en entonnoir peuvent aussi être observés au niveau d'os plats tels que le sternum, les côtes, la crête iliaque 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 exo et endo-crâniens. 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 exo-crâniens. 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'embarre inversée.

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. 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.

4.2. Blessures par projectile à plombs d'arme à feu

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 plomb 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 (balle à sabots ou balles rayées). La vitesse du projectile à la bouche du canon est de l'ordre de 400 m.s⁻¹. Il existe

une importante production de gaz de combustion. Les plombs font un effet balle à courte distance puis se dispergent. Les canons présentent souvent un rétreint 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 éviction cérébrale fréquente.
- ✓ En cas de **tir à bout touchant en intra-buccal**, 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, due à l'impact de la bourre sur la surface cutanée. Les bourres 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 bourre 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, il existe une dispersion toute débu-

tante 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. Le diamètre (D) est lié à la distance de tir (R) selon la formule suivante :

$$D \text{ (cm)} / 2,5 = R \text{ (m)}$$

Cette formule est à appliquer avec grande prudence (ne fournit 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 balisticien).

5. LEVÉE DE CORPS D'UNE VICTIME DE PROJECTILE(S) D'ARME À FEU

Par rapport à une levée de corps standard, la levée de corps d'une victime de projectile(s) 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 prises 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.

6. AUTOPSIE D'UNE VICTIME DE PROJECTILE(S) D'ARME À FEU

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.

6.1. Etapes préliminaires

La ou les armes à feu présumée(s) doi(ven)t être présentée(s) dans le 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'embolisa-

tion 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 des fragments de projectile ont été préalablement mis en évidence.

Au mieux, il est recommandé pour les équipes hospitalières, de faire réaliser un scanner 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 du fait de l'effet de l'expansion des gaz de combustion.

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 soit dans le cadre d'une expertise médico-technique réalisée par un expert en balistique et un médecin légiste soit en microanalyses.

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.

6.2. Documentation des blessures par projectiles d'armes 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 au sol et/ou au vertex. Les mesures sont toujours

Tableau I : Protocole autopsique pour une victime décédée de blessure(s) par projectile d'arme à feu.

Etapes préliminaires	
Examen radiographique/scannographique du corps	Eliminer une embolisation de projectile Déterminer les trajectoires intra-corporelles
Examen des vêtements	Important pour différencier un orifice d'entrée d'un orifice de sortie et mieux apprécier le nombre et la distance de tir
Documentation des blessures	
Photographies	Vue générale et vue rapprochée avec test centimétrique
Description	Siège précis, taille, forme, présence ou absence de résidus de tir, d'empreinte du canon ; intérêt d'un schéma lésionnel
	Bilan lésionnel interne
	Détermination de leur trajectoire à travers les organes avant éviscération, avec mesure de l'angle de tir et de l'azimut, pas de sondage des blessures avant dissection
Prélèvements	
Projectiles et éléments de la munition (bourre)	Prélevés à la main, nettoyés, séchés, pesés, décrits, mesurés et conditionnés pour expertise balistique
Plaies d'entrée et de sortie	En fonction des compétences locales Pour histologie (formol) Pour expertise médico-technique (en congélation)
Toxicologie	Systématique

faites à partir du centre virtuel de la blessure, y compris pour un polycribleage 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. La numérotation 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. L'étude précise des plaies se fera alors secondairement,

soit au mieux dans le cadre de l'expertise médico-technique balistique conjointe avec l'expert en balistique, soit par le médecin légiste.

Ces analyses se feront au moyen d'une loupe binoculaire pour rechercher et prélever les résidus de tirs éventuels, rechercher tout indice permettant de caractériser une plaie d'entrée ou une plaie de sortie mais également permettant d'estimer la distance de tir.

Chaque plaie par arme à feu est **photographiée**, décrite puis relevée sur un schéma lésionnel. Une numérotation 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

collerette 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 excentrique, 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 bourre) 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 (éversées, invaginées) 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 les besoins d'une expertise médico-technique (cf. ci-dessous).

Le **sondage** des blessures est à proscrire avant l'autopsie. 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. Elles ne doivent être introduites qu'après que les prélèvements des plaies d'entrée et de sortie ont été effectués. Les sondes doivent être introduites progressivement au fur et à mesure de la dissection et de la récupération des corps étrangers (ailettes, bourre, projectile ou ses fragments...), *in situ* à travers les organes blessés (à l'exception du cerveau) et avant l'éviscération complète.

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 le(s) projectile(s) traverse(nt) le corps.

Le siège anatomique terminal de la balle intra-corporelle 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 rap-

port 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 études 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 l'organisme mort et en décubitus dorsal n'est pas la même que celle dans l'organisme vivant. 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.

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 micro stries 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 bourre 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 scannographiques voire par un travail sous scopie, 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 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 tir(s) transfixiant(s) atteignant plusieurs victimes.

Le siège anatomique terminal de la balle intra-corpoelle 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 le 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 doivent être récupérés, 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.

6.3. Documentation des autres lésions

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

7. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES À L'AUTOPSIE

7.1. Analyse morphologique des plaies

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 doit être réalisé de manière **systématique**. Ne prélever qu'en cas de doute est s'ex-

poser à des erreurs importantes qui peuvent avoir des conséquences judiciaires majeures (tir de dos // tir de face).

Les plaies d'entrée et de sortie présumés correspondent à une même blessure doivent être prélevés conjointement si la distance qui les sépare n'est pas importante.

Il appartient au magistrat de décider d'ordonner un examen médico-technique ou anatomopathologique de ces prélèvements en fonction des informations que nous allons apporter, des habitudes de chacun et des compétences expertes disponibles. Ainsi, ces prélèvements systématiques doivent être effectués soit à titre conservatoire, soit dans le cadre d'une réquisition ou d'une ordonnance préalablement rédigée.

L'examen des plaies à l'état frais est possible, en ayant recours à une loupe binoculaire à fort grossissement. Il est alors possible de faire des macrophotographies. Cet examen permet de rechercher des éléments caractéristiques d'une plaie d'entrée, mais il nécessite un appareillage spécifique, une disponibilité pour effectuer l'examen et surtout une bonne expérience balistique visuelle.

L'analyse anatomopathologique

Lorsque les orifices sont exploités par une expertise de pathologie médico-légale, il est conseillé de réaliser :

- ✓ 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 histologique de l'orifice pour la mise en évidence de dépôts noirâtres superficiels correspondant aux particules de poudre et de métal radio opaques (en cas de plaie d'entrée). Il est possible de mettre en évidence les particules par une coloration avec une solution de rhodizonate. En effet, l'acide rhodizonique forme un sel de sodium (Na-rhodizonate) qui réagit avec les ions métalliques lourds (barium, antimoine, plomb) sous forme d'un précipité rouge visible au microscope.

L'examen histologique 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 histologique 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 cible(s) ou d'écran(s) intermédiaire(s). L'interprétation doit aussi tenir compte du fait que la quantité de débris observés est grossièrement inversement proportionnelle à la distance de tir.

L'inconvénient de cette technique anatomo-pathologique est qu'elle ne permet plus l'estimation de la distance de tir par des tirs d'essais de comparaison et qu'elle perturbe la confirmation ou l'estimation du calibre de la munition. Il existe en effet une rétraction tissulaire inéluctable qui modifie les données et les rapports millimétriques.

L'expertise médico-technique balistique est le seul moyen de mettre en évidence formellement les caractéristiques d'une plaie d'entrée ou de sortie ET d'apporter les éléments nécessaires à l'estimation de la distance de tir.

Il est nécessaire de congeler ces prélèvements après un repérage anatomique et une orientation précis du lambeau cutané (haut, bas, droite, gauche) ; ce lambeau est fixé à l'aide d'épingles sur une plaque en polystyrène. Mais il est également d'orienter le prélèvement dans l'espace au moyen d'un fil à peau indiquant le pôle supérieur.

L'inconvénient est que ce prélèvement congelé ne peut plus être exploité en anatomo-pathologie.

7.2. Recherche de résidus 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 barium, le plomb et l'antimoine.

Trois types de techniques permettent de les détecter :

- ✓ La spectrométrie d'absorption atomique.
- ✓ La microscopie électronique à balayage couplée à une spectrométrie de diffraction aux rayons X (les électrons transmettent une fraction de leur

énergie aux éléments présents, énergie ré-émise sous forme de rayons X dont le spectre est caractéristique de l'élément).

- ✓ L'analyse par activation neutronique, nécessitant un accélérateur de particules.

Les prélèvements nécessaires à la spectrométrie d'absorption atomique sont des écouvillons humidiés 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 (barium, antimoine, plomb) sont présents à des taux significatifs. La présence isolée de taux élevés de barium peut correspondre à une contamination (il existe des sols riches en barium). 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.

Les prélèvements pour la deuxième technique sont réalisés à l'aide d'adhésifs. Cette technique est plus sensible que la spectrométrie d'absorption atomique.

7.3. Biologie moléculaire

L'identification de dépôts de tissus humains sur un projectile est possible par amplification PCR de l'ADN mitochondrial à partir d'écouvillons effectués à l'aveugle sur la balle récupérée sur les lieux de la levée de corps.

7.4. Toxicologie

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

8. INTERPRÉTATION DES LÉSIONS CONSTATÉES À L'AUTOPSIE

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 :

- ✓ Siège prédominant des blessures à la tête (environ 84 %), suivi du thorax (14 %) et de l'abdomen. Le siège de l'orifice d'entrée peut être atypique (arrière de la tête).
- ✓ Orifice présent dans les vêtements dans la grande majorité des cas (90 %) : l'absence d'orifice dans les vêtements entraîne une très forte présomption de suicide.
- ✓ 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 giclures de sang sur la ou les mains ayant tenu l'arme, ainsi sur l'arme.
- ✓ La distance de tir est habituellement un bout touchant ou un tir à courte distance.

✓ La présence de plusieurs tirs n'éliminent 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'un arme à feu automatique avec tir en rafale ou l'emploi simultané de deux armes à feu). Les blessures entraînant une incapacité quasi-immédiate jugées instantanément mortelles sont limitées. Il s'agit essentiellement des lésions des noyaux gris et 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 2 000 kPa. Un 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 pré-existant.

✓ 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, mais souvent on observe une distance courte, intermédiaire ou longue.
- ✓ 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 (ex : membres).

Les éléments orientant vers un suicide ou vers un homicide sont résumés dans le Tableau II.

9. LE RAPPORT D'AUTOPSIE POUR LES CAS DE DÉCÈS PAR PROJECTILE D'ARME À FEU

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 balistique 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.

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 nuancé dans ses écrits.

On ne peut 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, mais se rapproche plus du calibre réel du projectile ayant engendré la blessure que sur la peau.

9.1. Eléments devant impérativement apparaître dans le rapport d'autopsie

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 :

— **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 : transfixion initiale d'un bras avant pénétration dans le thorax). En cas de tir avec des munitions à billes de 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 polycrabilage ne permet pas de déterminer le nombre de tirs. Enfin, la possibilité de projectile(s) intracorporel (s) correspondant à une vieille blessure 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.

— **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

Tableau II : Eléments d'orientation suicide/homicide par projectile d'arme à feu.

Eléments en faveur du suicide	Eléments en faveur de l'homicide
Victime de sexe masculin	Victime de sexe féminin
Vêtements non troués recouvrant un orifice d'entrée ou vêtements écartés	Vêtements troués en regard de chaque orifice d'entrée
Présence de résidus de tirs sur les mains	Absence de résidus de tir
Présence de giclures sur la ou les mains tenant l'arme, présence de giclures sur l'arme	Absence de giclures
Arme présente sur place à proximité du corps (sauf incapacité retardée)	Absence d'arme à feu sur les lieux de découverte du corps
Tir à courte distance (sauf utilisation d'un appareillage)	Tir à grande ou moyenne distance
Tir unique (mais possibilité de tirs multiples)	Plusieurs tirs
Topographie de l'orifice d'entrée accessible	Topographie inaccessible (ex : dos)
Siège anatomique courant (tempe, front, bouche, sous le menton, face antérieure du thorax)	Siège anatomique peu courant (œil, oreille, abdomen, nuque, région occipitale)
Longueur du bras suffisante pour actionner la queue de détente (arme d'épaule)	Pas de faisabilité du geste suicidaire
Lésions traumatiques sur les mains actionnant l'arme (résultant d'un choc du doigt contre le pontet, d'un frottement du guidon sur la paume de la main)	Absence de traces traumatiques sur les mains
Absence de lésions de défense	Présence de lésions de défense et/ou de cibles intermédiaires (ex : mains)
Absence d'autres lésions de violence	Présence d'autres lésions de violence

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), qui 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 dans le rapport d'autopsie de la victime ;
- ✓ 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.

— Trajectoire intra-corporelle des tirs :

Le médecin légiste ne peut estimer que la trajectoire intra-corporelle 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.

Les trajectoires peuvent être dénommées arbitrairement A→A', A₁→A₂ ou A→B, A étant l'orifice d'entrée, A', A₂ 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. »

— Type de munition employée pour le(s) tir(s) :

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 (en forme et en taille) et un projectile de question. La description du type de projectile récupéré est plus du ressort du balisticien que du médecin légiste (sauf formation ou connaissances particulières). Concernant la question, la validation ne peut être faite que par l'expérimentation balistique.

— 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.

— 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 histologique 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.

— 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 balisticien/médecin légiste.

D'une façon générale, une mission d'expertise en commun balistique et médico-légale est utile pour faire progresser l'enquête ou l'information du magistrat.

Dans le cadre de la formation du médecin légiste en balistique, une formation pratique par le balisticien est fortement recommandée pour connaître l'agent lésionnel. ■