

Université Claude Bernard



Lyon 1

EUROBALLISTICS
FRANCE

Etude Balistique Terminale

Eric J. Voiglio

Service de chirurgie d'urgence

Centre Hospitalier Lyon-Sud



Journée CARUM 2008

« Traumatismes Balistiques »

IMTSSA, 4 avril 2008, Marseille



Début de la BL

- Bataille de CRECY en 1346

« si grand bruit et
tremblement qu'il
semblait que Dieu
tonnât avec grand
massacre de gens
et renversement
de chevaux ... »

(Villani-I-XII-histoire
de France - tome V)

« effets
terrifiants »

(Froissard)



A cette époque, les armes à feu sont très peu précises et leur utilisation est dangereuse...

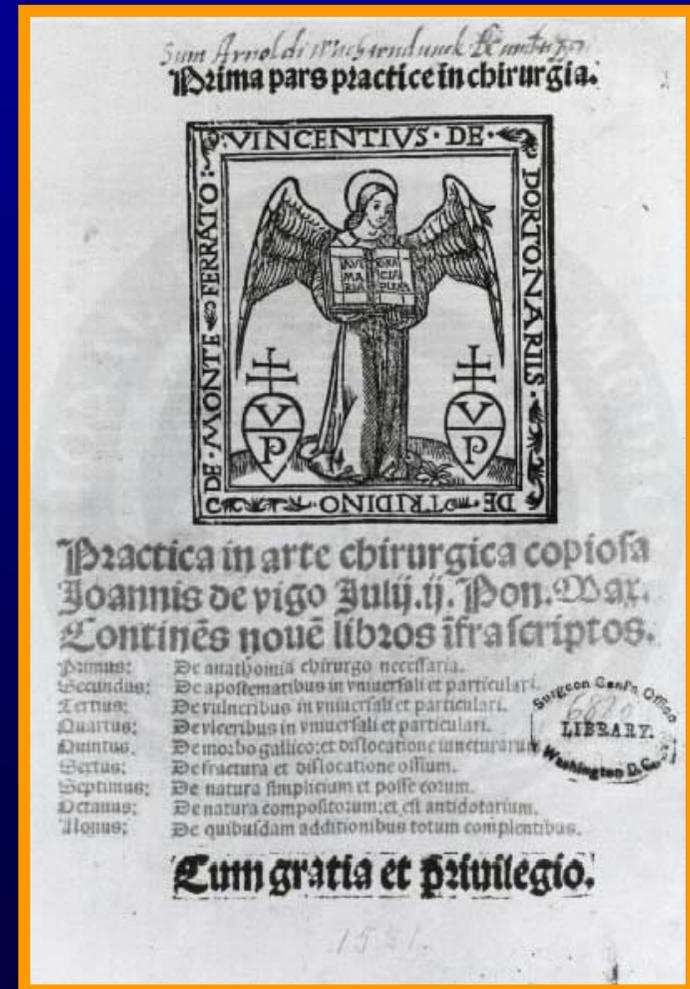
Pendant un siècle, elles sont très peu utilisées...

**Théorie de la
vénosité et de la
brûlure ou de
l'ustion des plaies**

Théorie de la vénosité et de la brûlure ou de l'ustion des plaies

- Braunschweig (1497)
- Jean de Vigo (1514)

" [Les plaies sont] contuses, envenimées par la poudre et brûlées par le feu de l'arme. "



Donc, il faut combattre la vénosité...

On cautérise les plaies par le fer rouge ou l'huile bouillante pour détruire le poison dont elles sont imprégnées...





*La méthode de
traicter les playes
faictes par
hacquebutes et
aultres bastons à
feu et de celles qui
sont faictes par
flèches, dards et
semblables
1545.*

A. Paré 1510-1590

Ambroise PARE



« ... ne plus brûler les pauvres blessés... »

« [Des plaies] alors peu rebelles à curation et aussi faciles à traicter que celles qui sont faictes par austres bastons faisant **vulnèses ronds contus** et de telle figure que faict le boulet. »

Ambroise PARE

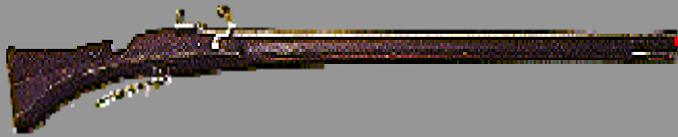


« ... lésions situées à distance du trajet que fait la balle, lesquelles sont produites par réverbération. » (1552)



Ambroise PARE

Le premier expérimentateur...



Poudre noire

Les balles ne sont pas assez chaudes pour brûler...

Ambroise PARE

Chirurgien...



Débridement des plaies pour
l'extraction des corps
étrangers et pour favoriser
l'issue de la suppuration...
... dans de sages limites.

Ambroise PARE

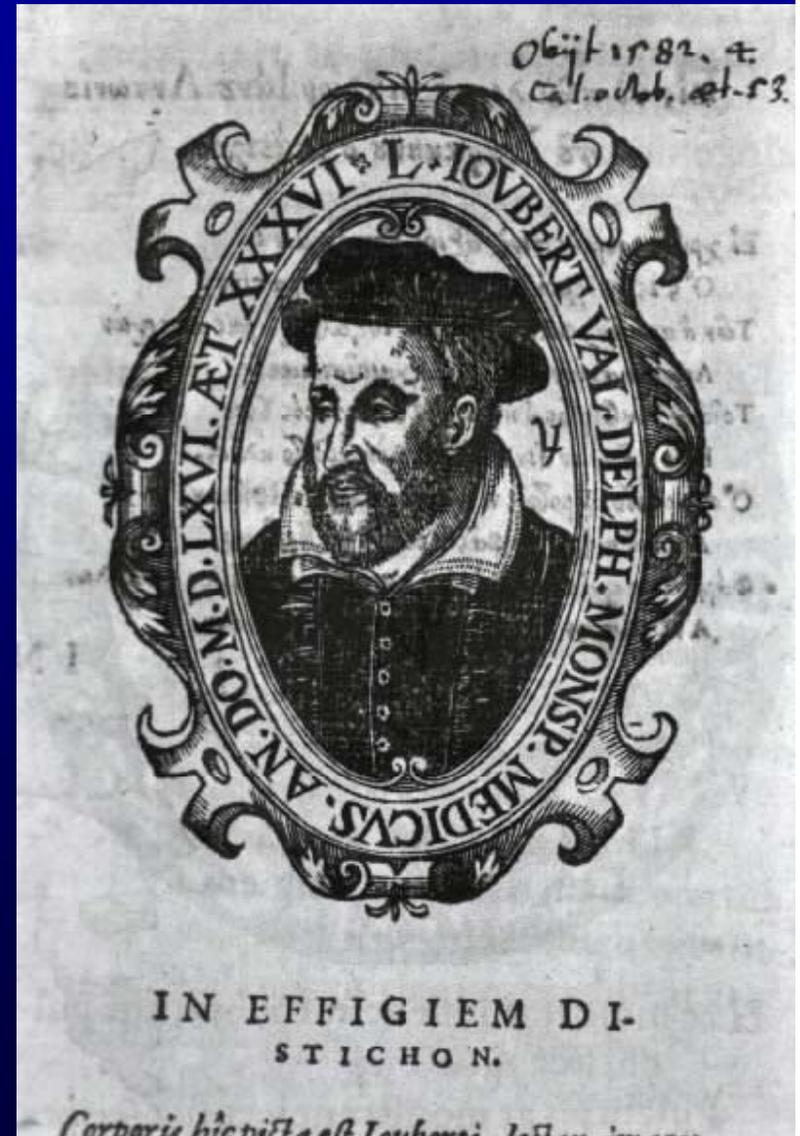
Chirurgien...



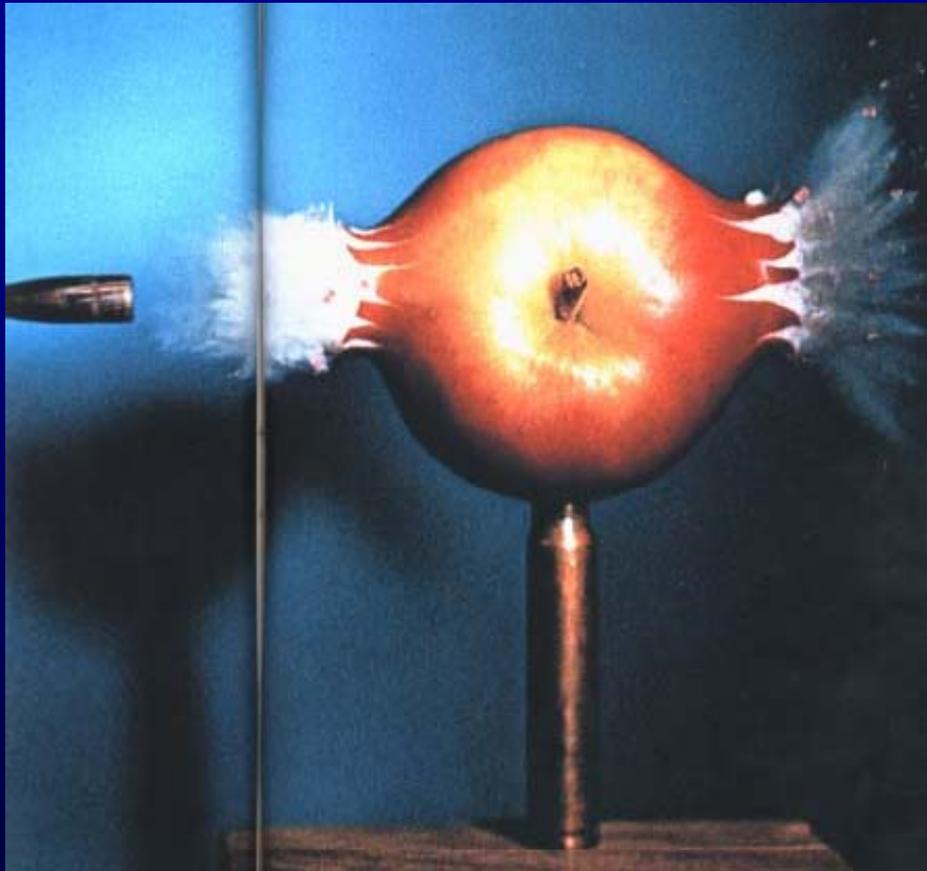
Il observe une zone contuse
le long du trajet qu'il
attribue au
"vent du boulais" ou à
"la pression subite de l'air" .

Joubert 1570

Traicté des
arcbusades :
"cette contusion
est tout
simplement le
résultat de l'action
directe du corps
vulnérant".



Expériences de Huguier, 1848



« C'est ainsi que se déchirent les reins, la rate, la surface du foie et le cerveau. »

**PRESSION
LATERALE DES
LIQUIDES**

Théorie du « Projectile-air »

- Note sur le passage des projectiles à travers les milieux résistants.

Melsens, CR de l'Académie des Sciences, 1867

- Note sur les plaies produites par les armes à feu.

Melsens, Journal de la Société Royale des Sciences Médicales et Naturelles de Bruxelles, 1872

Melsen 1867 et 1872

- Tire des balles dans un cylindre métallique rempli d'eau
- “Dans l'eau, le volume d'air entraîné par la balle est cent fois plus grand que celui de la balle elle-même et cette quantité d'air varie avec la forme et la masse du projectile”

???

Melsen 1867 et 1872

- Tire des balles sur un bloc de plomb
"La balle animée d'une grande vitesse (400 m/s) se déforme contre un plan résistant en présentant (...) une dépression au point central et occupe le fond d'un cône volumineux dont la base est tournée vers le tireur."

???

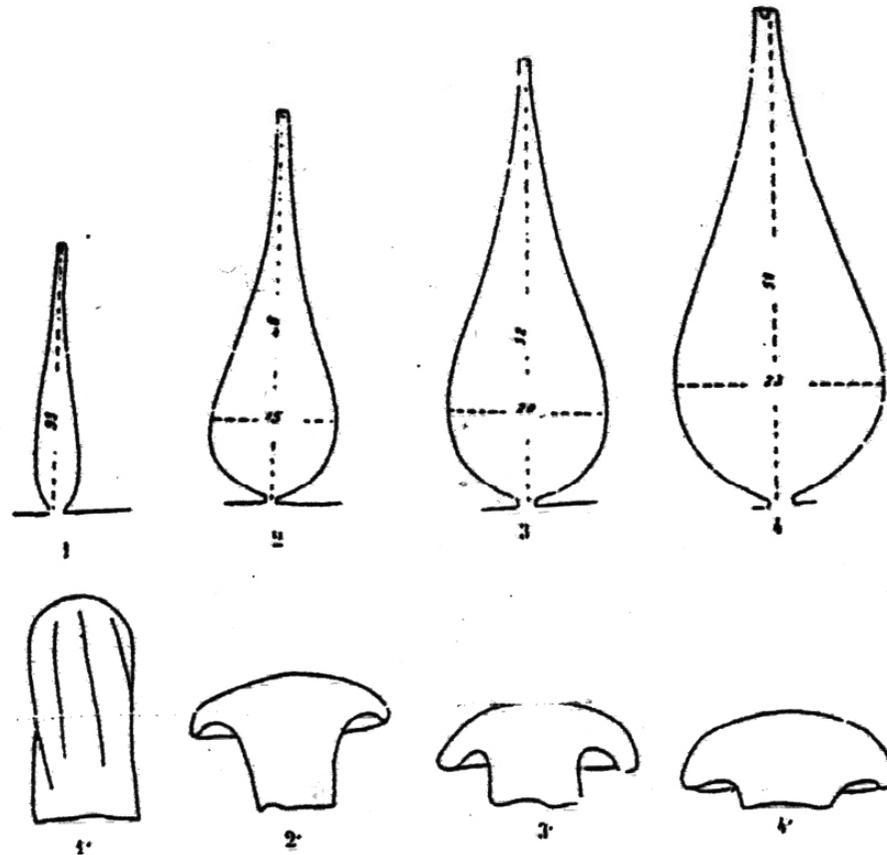
Melsen 1867 et 1872

- Les effets produits sur les tissus par les balles sont la résultante de l'action de deux projectiles frappant simultanément :
 - a) Projectile-solide qui se déforme sans changer de volume
 - b) Projectile-air qui comprimé en avant du solide tend à reprendre son volume primitif et simulat ainsi l'effet que produirait une balle explosive.

???

Morin et Henrard 1867

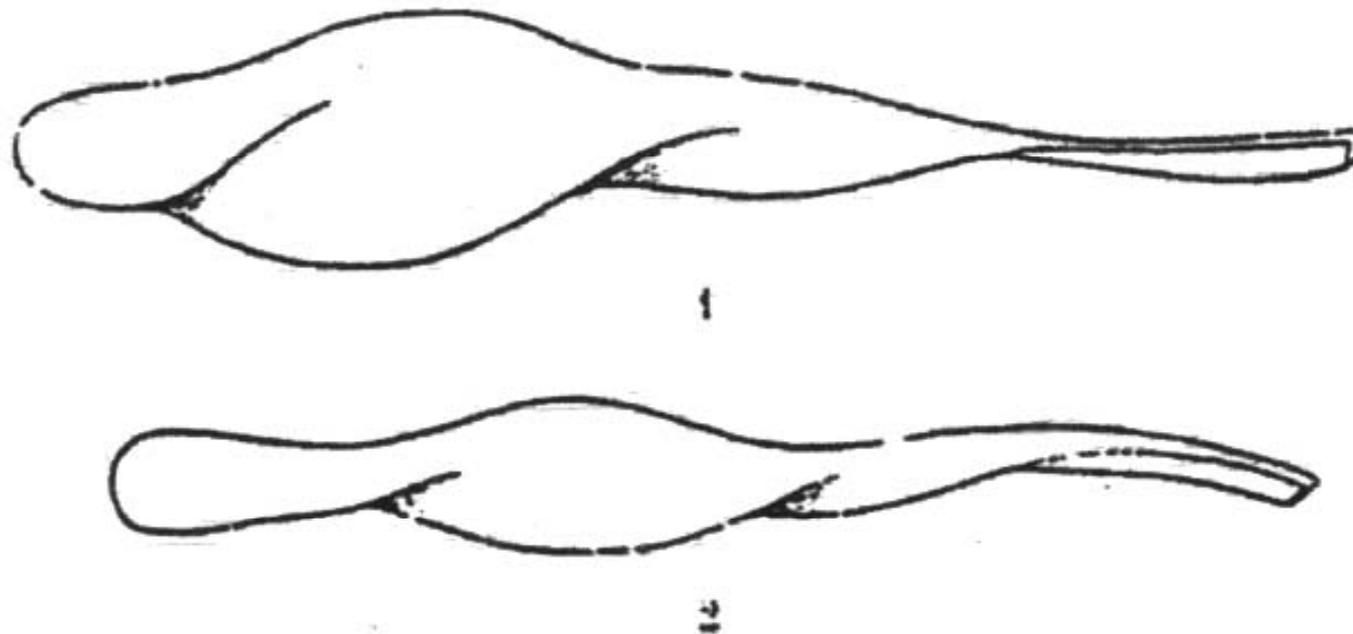
- Tirs dans de l'argile dont la consistance est proche du tissu animal



TRAJETS PARCOURUS DANS DE L'ARGILE PAR DES BALLE ALBINI ANIMÉS DE VITESSES VARIABLES

1. Dimensions diamétrales et longueur du trajet parcouru par une balle chassée par 1 gr. de poudre.
1' Balle à peine déformée qui a creusé le trajet 1.
2. Trajet parcouru par une balle chassée par 3 gr. de poudre.
2' Balle déformée qui a creusé le trajet 2.
3. Trajet parcouru par une balle chassée par 1 gr. de poudre.
3' Balle déformée qui a creusé le trajet 3.
4. Trajet parcouru par une balle chassée par 5 gr. de poudre.
4' Balle déformée qui a creusé le trajet 4.

« Cavitation » dans l'argile d'un projectile Albin en fonction de sa vitesse (charge de poudre) d'après HENRARD et MORIN.



**MOULES DE TRAJETS PARCOURUS DANS L'ARGILE PAR DES BALLEES
DU FUSIL ALBINI. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU MOUVEMENT
DE ROTATION. (Expériences du colonel Henrard.)**

1. Trajet parcouru par une balle chassée par 5 gr. de poudre.
2. Trajet parcouru par une balle chassée par 4 gr. de poudre.

Empreinte de forme hélicoïdale d'une balle Albini dans
l'argile due à sa vitesse angulaire d'après HENRARD et MORIN

Théorie hydraulique de l'action des projectiles dans l'organisme

Théorie hydraulique de l'action des projectiles dans l'organisme Kocher, 1880



VETTERLI, 410 m/s

Kocher, 1880

- Baignoire pleine d'eau
- Vases remplis de terre, de plâtre ou d'ouate, secs ou humectés
- Crânes et viscères creux
- Explosion si vitesse > 250 m/s
- Explosion si humecté

Kocher, 1880

- Les lésions majeures sont produites par les pressions hydrauliques
- Ces pressions dépendent de l'interaction projectile cible

Delorme, 1879 et 1888

- Expérimentation sur cadavres
- Dilacération des tissus sous l'action de la pénétration du projectile
- Contusion des tissus sous l'action de la déformation, de la fragmentation ou de la bascule du projectile

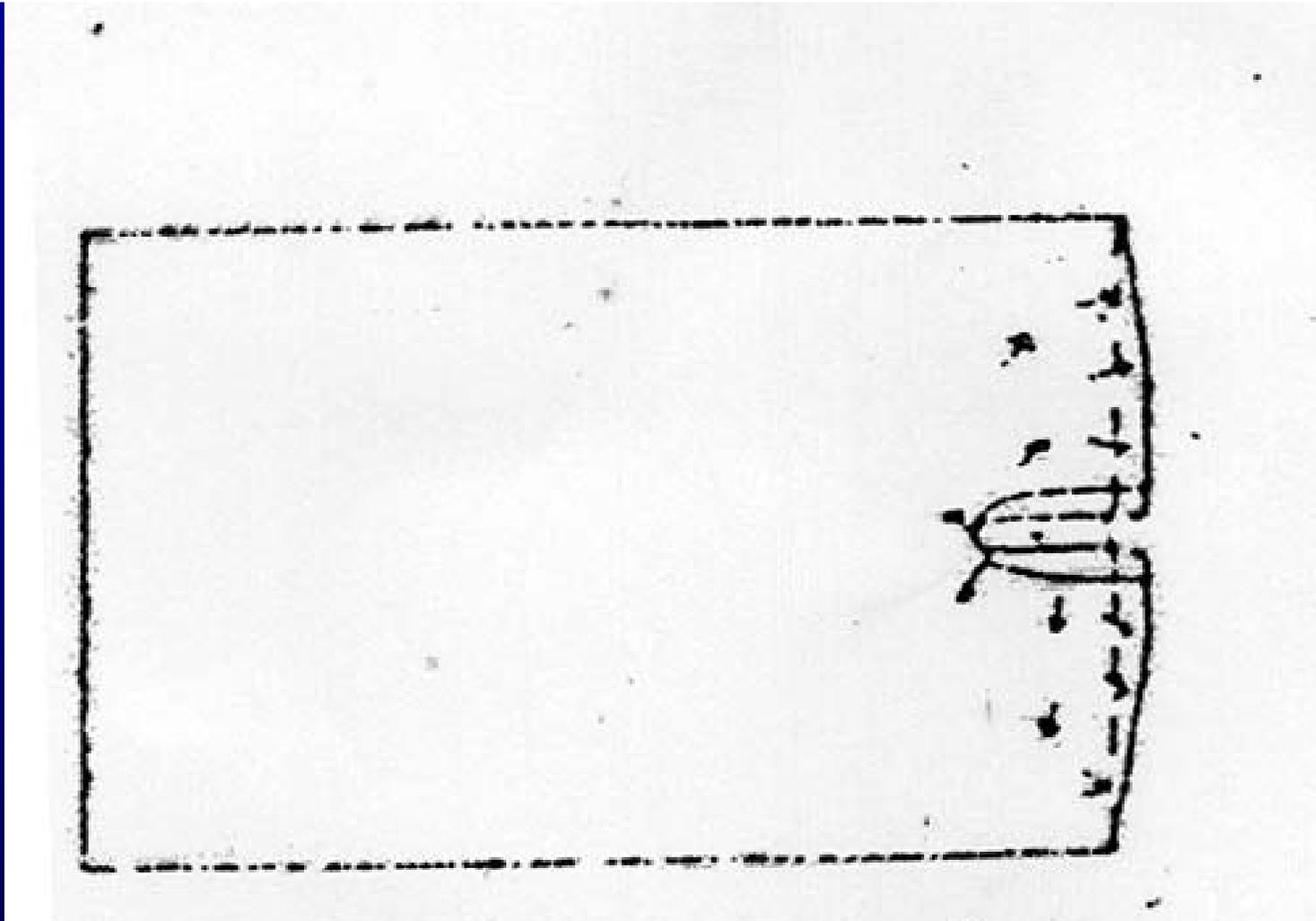
Delorme, 1879 et 1888

- Action du projectile fonction de:
 - Vitesse
 - Masse
 - Forme
 - Structure
 - Nature du tissu rencontré

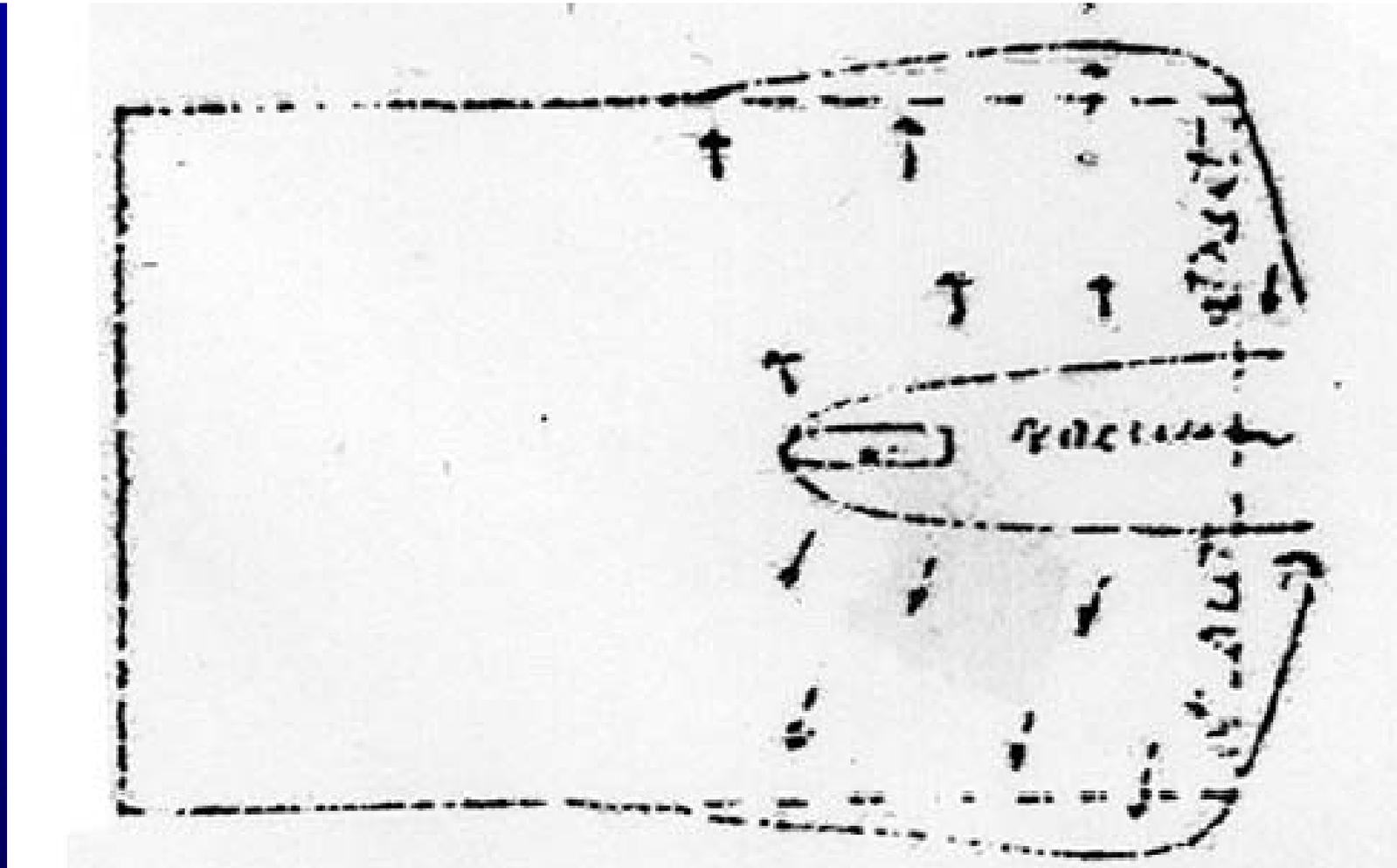
Interaction Projectile - Tissu Vivant

Théorie de la cavitation

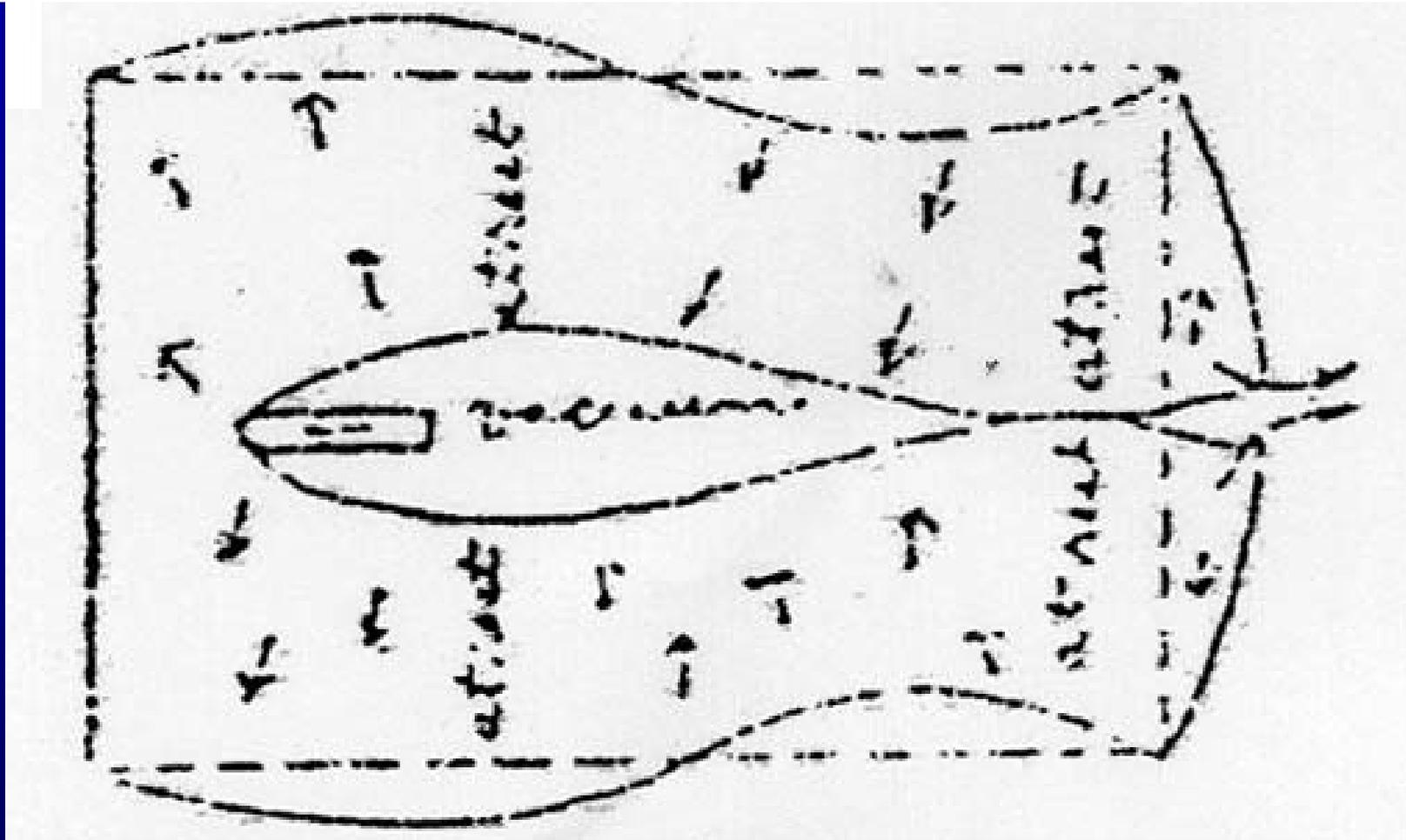
WOODRUFF, 1889



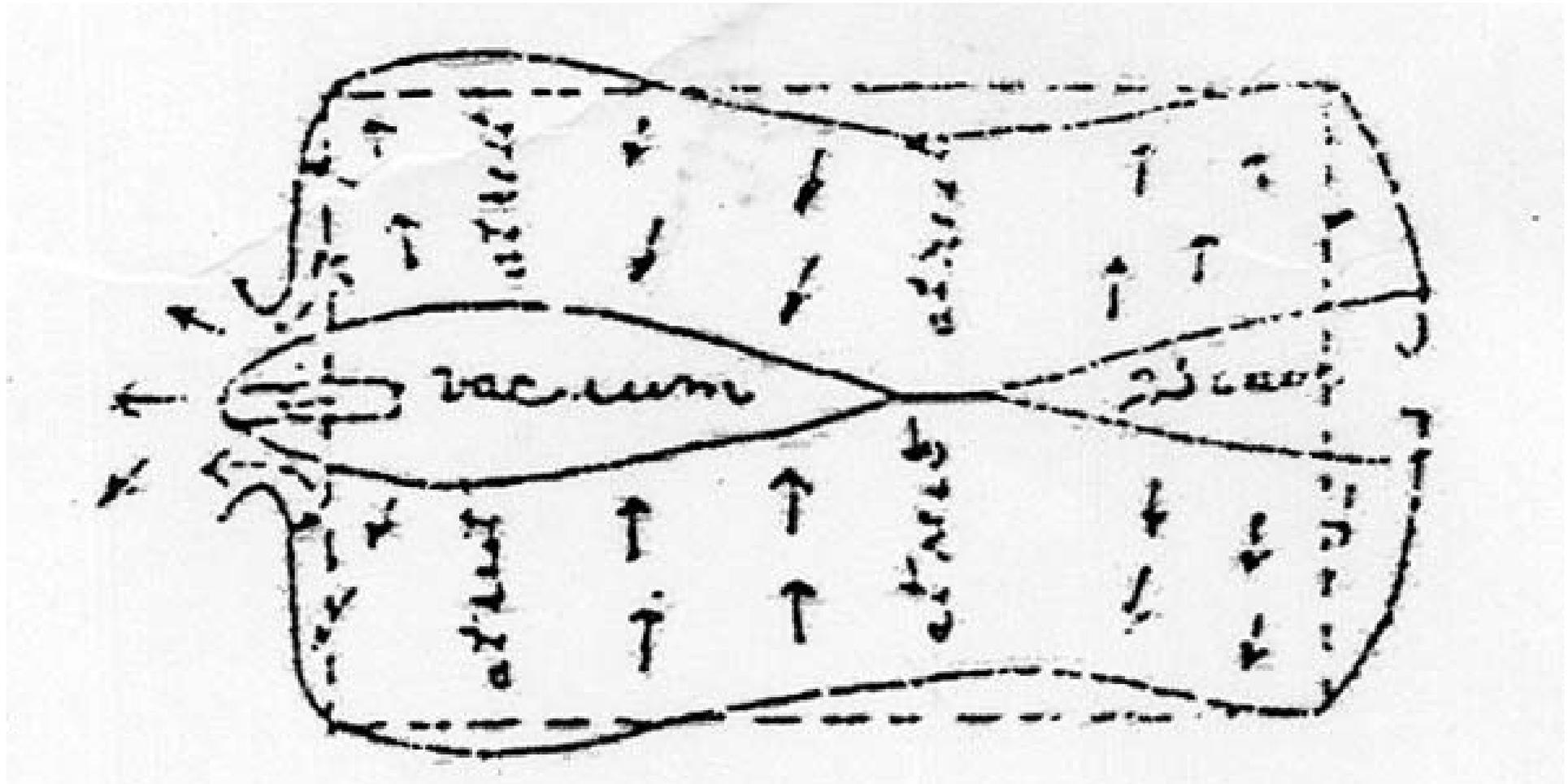
1. La balle se fraye un chemin en repoussant les particules sur le côté. Le volume total est augmenté du volume de la balle.



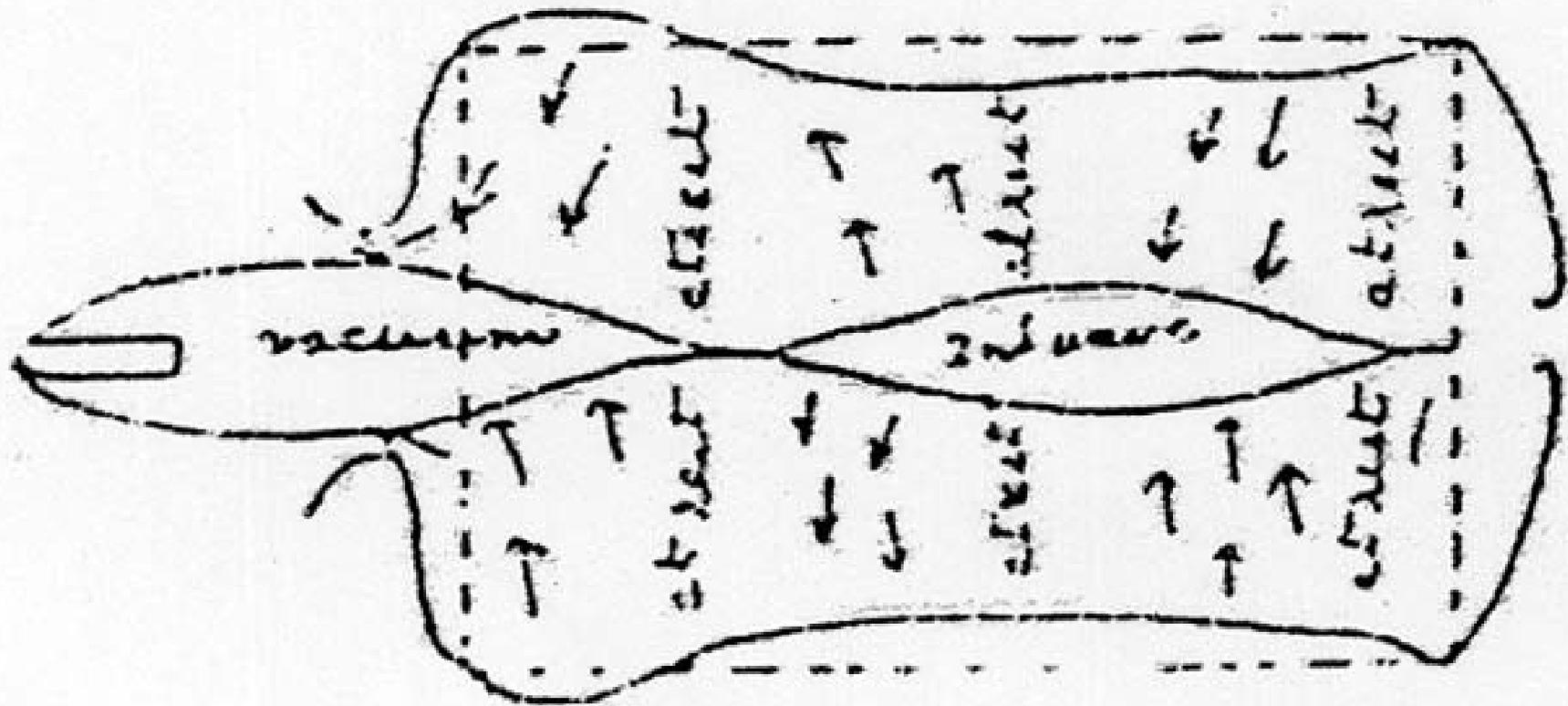
2. Déplacement centrifuge instantané de tout le liquide qui entoure l'espace occupé par la balle.
1ère cavité : formation d'un vide



3. Les particules sont soumises à des forces qui les font revenir. Elles se précipitent à nouveau sur le trajet de la balle et rebondissent



4. Formation d'une deuxième cavité : déplacement centrifuge de moindre amplitude avec formation d'un vide.



5. Les particules se projettent à nouveau sur le trajet de la balle et rebondissent. Il peut ainsi se former plusieurs cavités d'amplitude décroissante (cavités pulsatives).

Horsley, 1894

- Importance de la quantité de mouvement
- Section efficace, déformation et vitesse linéaire du projectile +++
- Echauffement et vitesse angulaire ≈ 0
- Phénomènes pathologiques (cerveau)

The Destructive Effect of Small Projectiles. Nature, London 50:
104-108, 1894

Harvey, 1946

- *Wound track or permanent cavity*
- *Explosive or temporary cavity*
 - Rôle des bulles de gaz qui se forment au cours de la constitution de la cavité temporaire
 - Rôle négligeable de l'onde de choc (pression très élevée pendant un laps de temps extrêmement court)

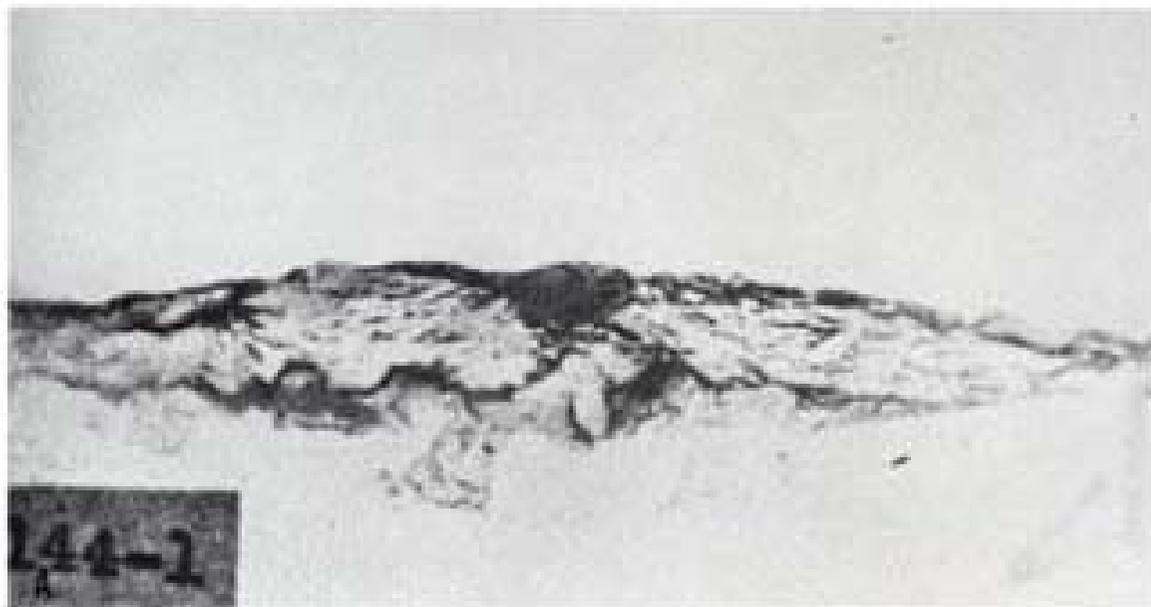
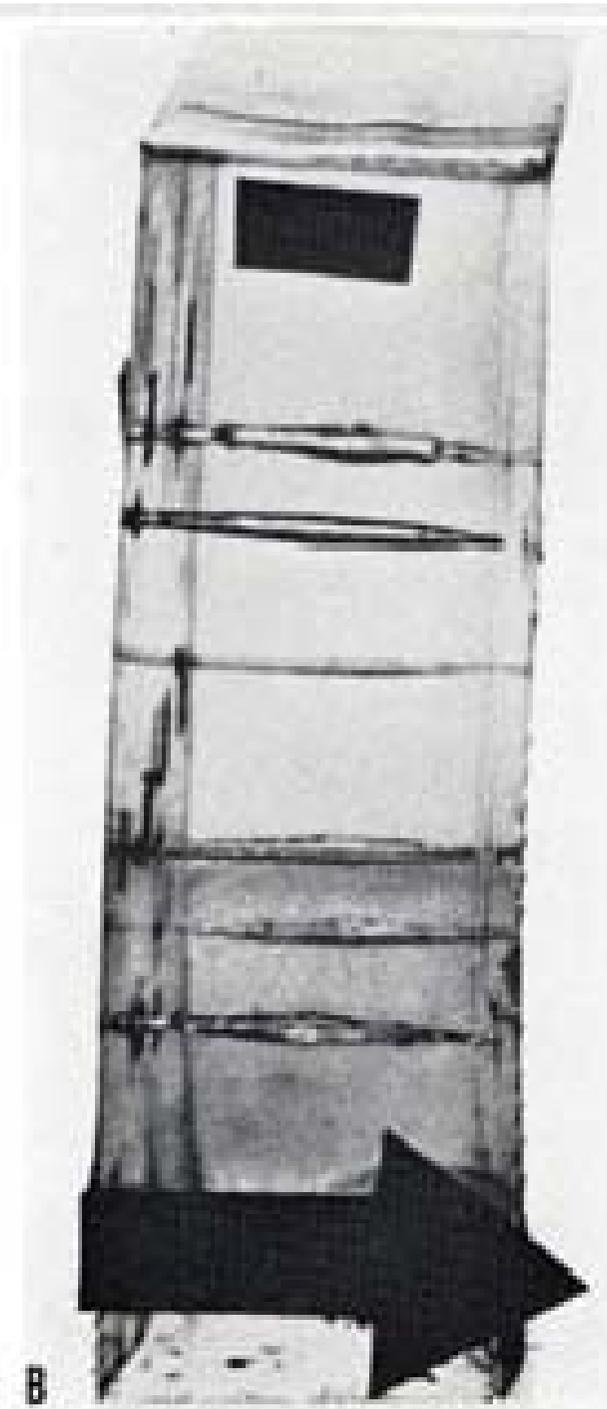


FIGURE 66.—Blocks of 20 percent gelatin gel. A. Block of 20 percent gelatin gel showing the permanent cavity left after the passage of a $\frac{1}{2}$ -inch steel sphere whose impact velocity was 3,000 f.p.s. Note the similarity of this cavity to that shown in the thigh in figure 65A. B. Block of 20 percent gelatin gel showing the fusiform permanent cavities left after the passage of several $\frac{1}{2}$ -inch steel spheres whose impact velocities were approximately 3,400 f.p.s.



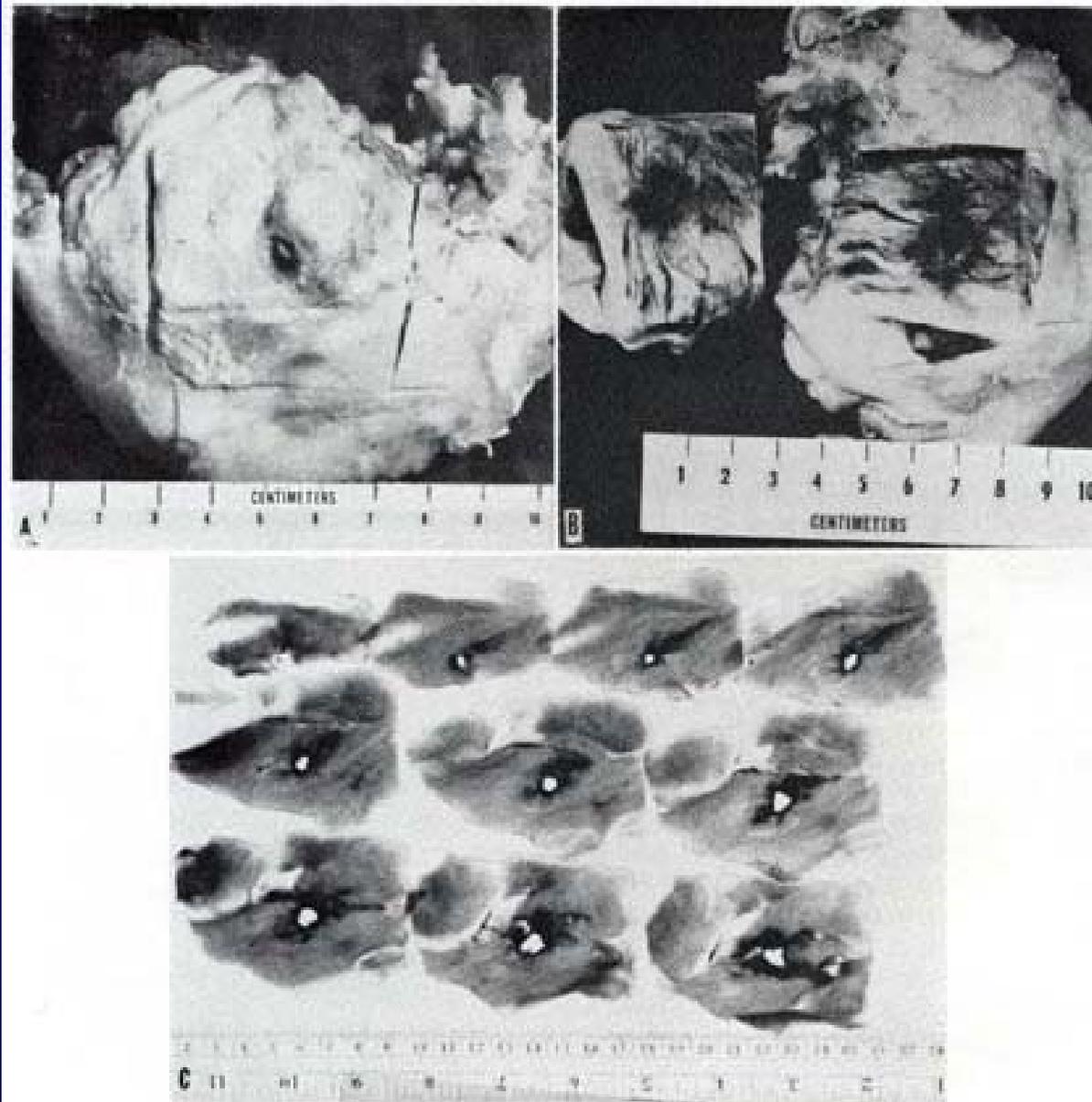


FIGURE 67.—Photographs of soft tissues of the thigh of a cat. A. Relatively small entrance hole made by a $\frac{1}{2}$ -inch steel sphere which struck the thigh with a velocity of 3,800 feet per second. B. Tissue shown in A dissected open to show the much larger permanent wound cavity deeper in the tissues of the thigh. C. Serial sections of the soft tissues, cut in a plane at right angles to the path of the missile. Note the permanent cavity and the dark area around it filled with extravasated blood.

Harvey, 1962

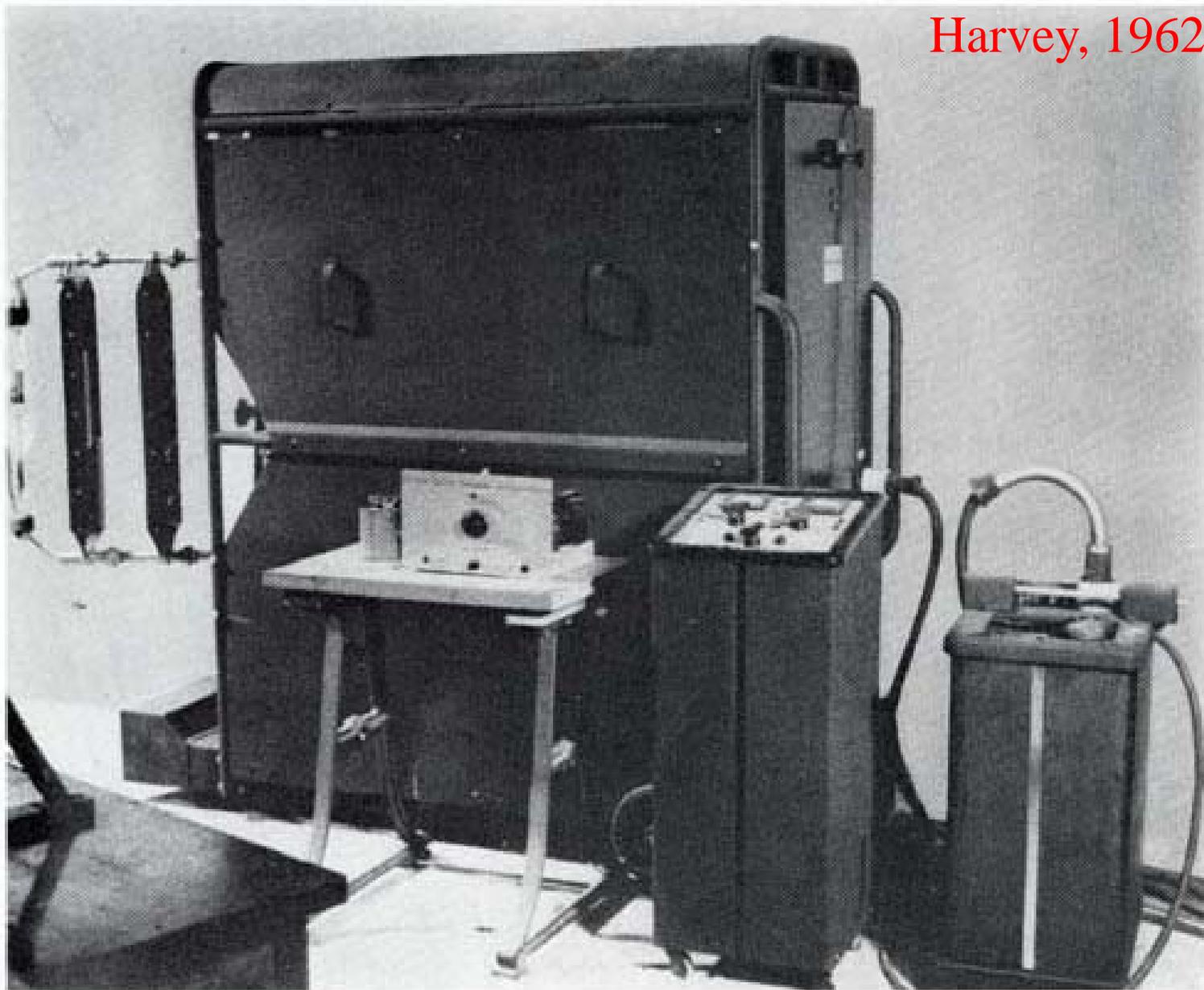


FIGURE 52.—Westinghouse Micronex apparatus for X-ray pictures with exposure of one-millionth of a second. The X-ray tube is at left and the large surge generator containing banks of high-voltage condensers in the middle. In front of the surge generator (from left to right) is the trigger-delay circuit, the control box, and the high-voltage transformer.

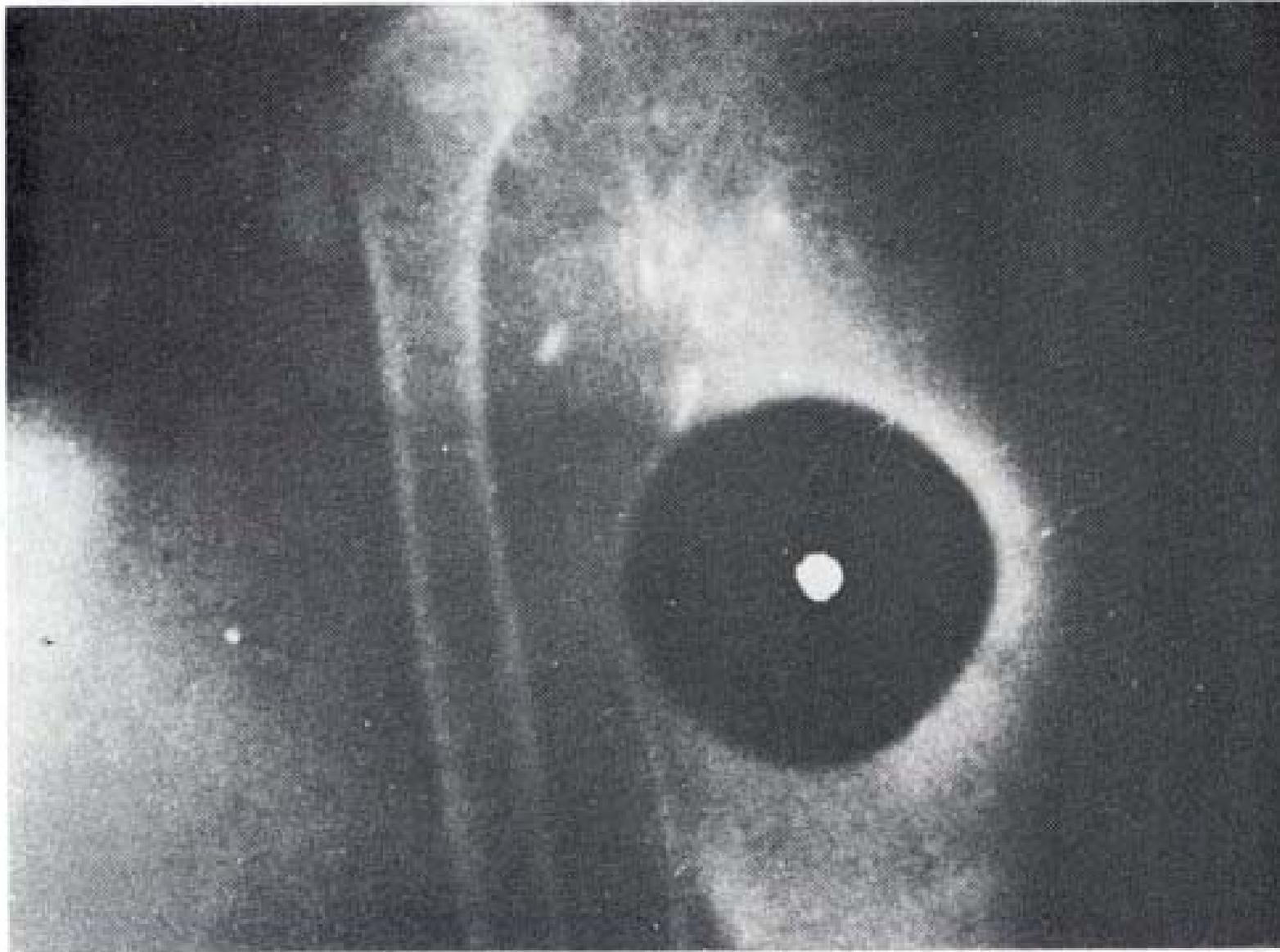
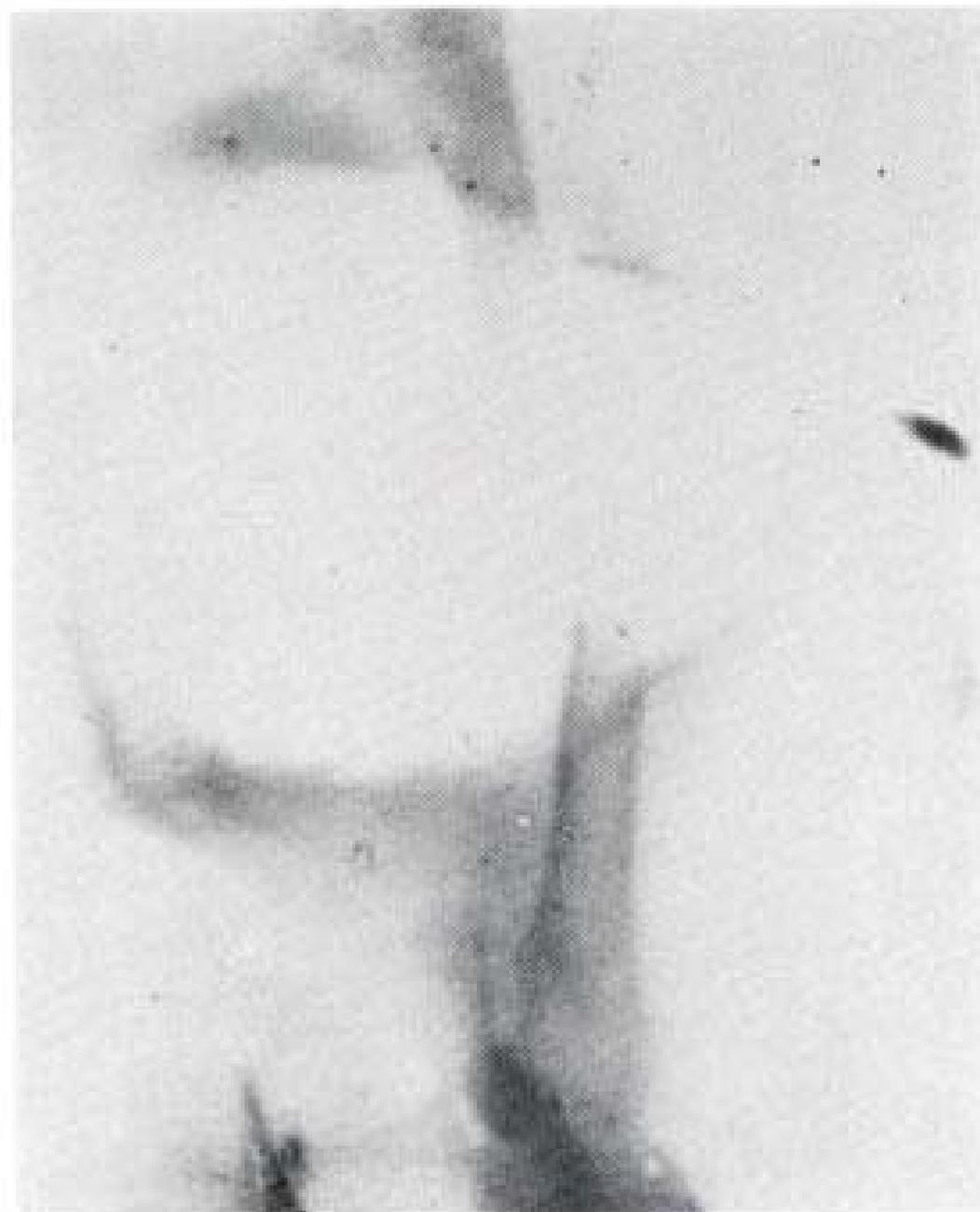


FIGURE 78.—Microsecond roentgenogram (No. 232) of the thigh of a cat showing the temporary cavity formed after the passage of a $\frac{1}{2}$ -inch steel sphere whose impact velocity was 3,000 f.p.s. The cavity age is 200 microseconds. The sphere was fired in a line parallel to the X-ray beam, and the temporary cavity (dark area) is seen in cross section. Note the approximately circular shape of the cavity.

FIGURE 79.—Microsecond roentgenogram (No. 277) of the thigh of a cat showing the temporary cavity formed by the passage of a small, irregular fragment of a 75 mm. shell. The fragment is seen emerging from the thigh at the right. Note the irregular shape of the temporary cavity and the fractured femur.



Théorie de la haute vitesse et de l'onde de choc

Théorie de l'onde de choc

- Rybeck, 1974
- Whelan, 1975
- Gill et Long, 1978
- Bruckey, 1979
- Swan et Swan, 1980
- Litwin, 1981
- Owen-Smith, 1981
- Orłowski et Piecuch, 1982
- Ordog et Wasserberger, 1983
- Ragsdale, 1984
- Rusoti et Sim, 1985
- Barach et Tomlanovich, 1986
- Newman et Yardley, 1986
- Janson, 1986

Théorie de l'onde de choc

« Quoiqu'il ne soit pas évident que l'effet de la cavitation aboutisse à quelque chose de définitif, il n'en demeure pas moins qu'il y a eu atteinte tissulaire importante bien au-delà de ce qui se voit à l'œil nu. Aussi faut-il suivre les principes du parage radical, le chirurgien devra être bien plus incisif en ce qui concerne l'excision tissulaire en la pratiquant souvent de façon empirique et plus large que ne l'exigerait normalement le bon sens clinique. »

Gill 1978

??!!!

La vraie science...

- **Lindsey D.** The idolatry of velocity, or lies, damn lies, and ballistics.
J Trauma 1980, 20:1068-9.
- **Fackler M.** Bullet Fragmentation: A Major Cause of Tissue Disruption
J Trauma 1984, 24:34-39.
- **Fackler M.** What's wrong with the wound ballistics literature, and why
Letterman Army Institute of Research
1987, Report # 239

The idolatry of velocity,
or lies, damn lies,
and ballistics

Douglas LINDSEY, MD

J Trauma 1980, 20(12): 1068-69

"Meantime I will keep on treating
the *wound*, not the weapon."

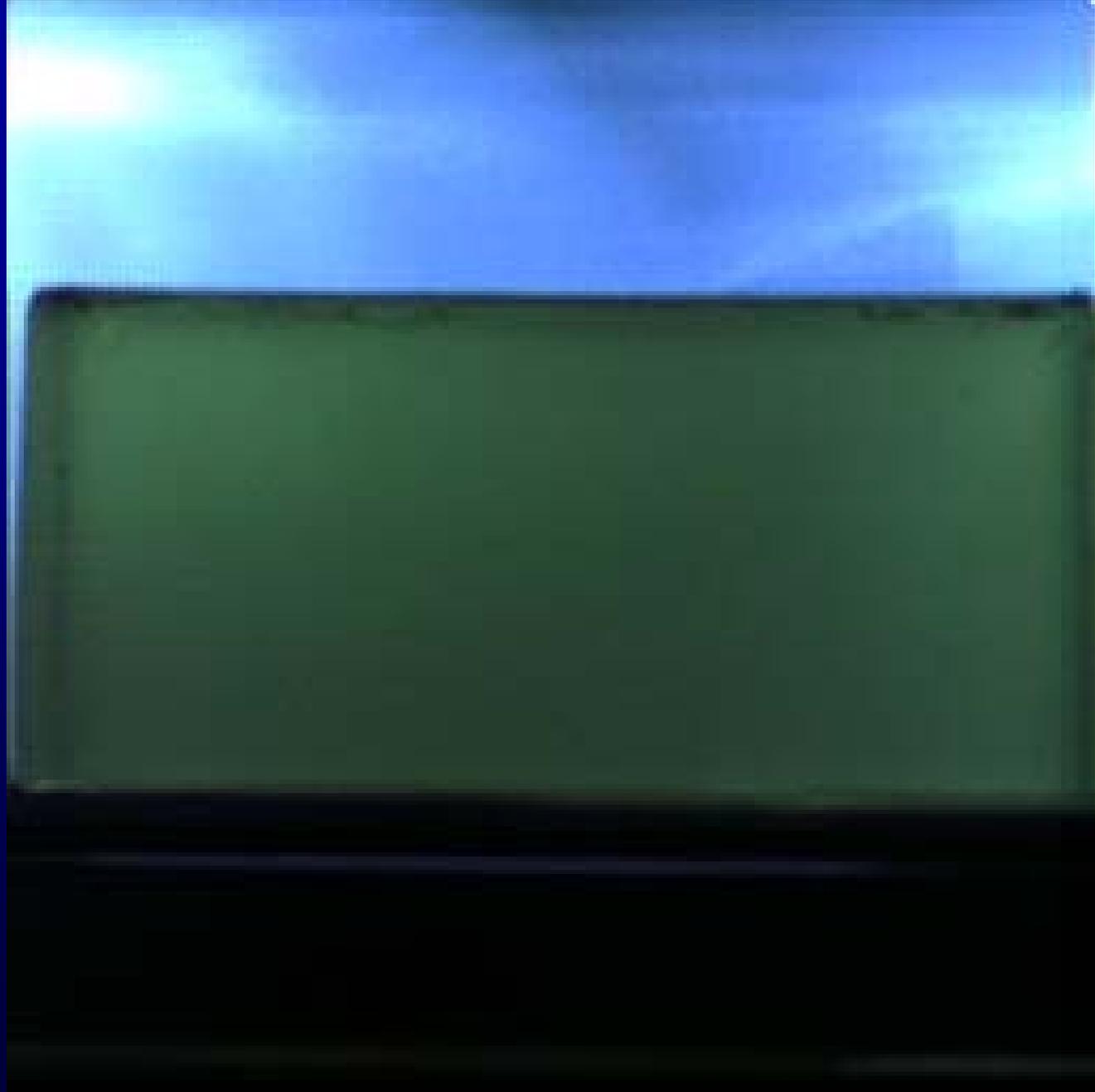
Balistique lésionnelle

Science qui étudie

L'**I**NTERACTION

PROJECTILE - TISSU **V**IVANT

I.P.V.



Analyser et comprendre les phénomènes observés

- Ne pas se laisser subjurer par le spectaculaire
- Toujours se référer aux observations cliniques qui doivent servir de référence

Méthodologie d'étude de l'IPV

- Dispositif de tir (affut)



Méthodologie d'étude de l'IPV

- Dispositif de mesure de vitesse



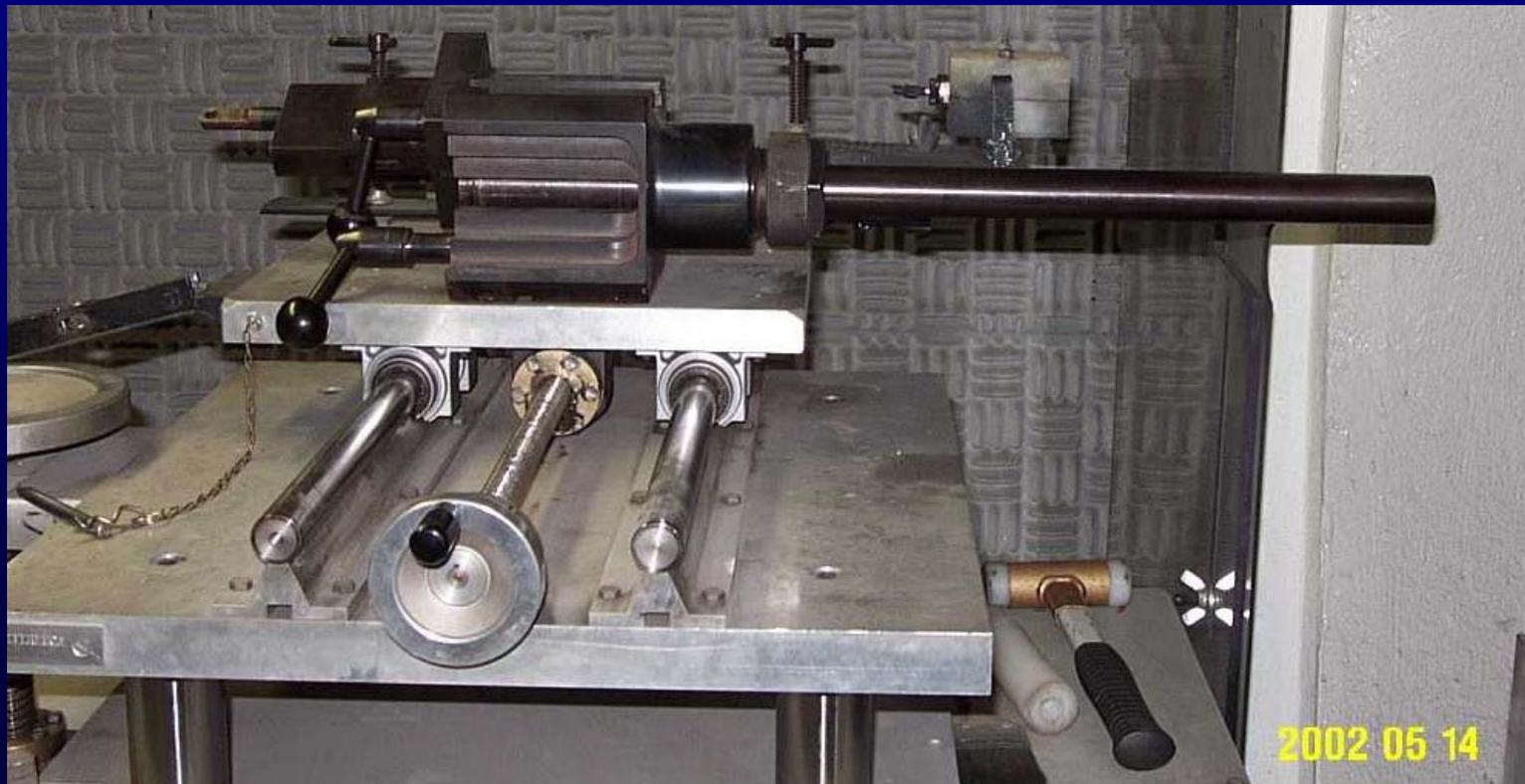
Méthodologie d'étude de l'IPV

- Projectile sous-chargé pour simuler la distance



Méthodologie d'étude de l'IPV

- Canon rayé avec pas adapté à la distance



Méthodologie d'étude de l'IPV

- Cible = modèle d'étude choisi



Modèles d'étude de l'IPV

- SIMULANTS :
 - Matériaux simulant le tissu vivant
 - Etalonnés par rapport au muscle
 - Projectile de référence : balle blindée
 - Paramètre : distance de pénétration

Simulants (1)

- Argile (*Morin et Henrard, 1867*)
- Savon
- Plastiline

*Non transparents,
Impossibilité de
dissocier cavité
permanente et cavité
temporaire*



Kneubuehl

Simulants (2)

- *Gélatine (Fackler, 1984)*

*Transparente,
Dissociation cavité
permanente et
cavité temporaire,
Ne se conserve pas*



Simulants (3)

- Silicone

*Transparent,
Dissociation cavité permanente et
cavité temporaire,
Se conserve indéfiniment
CHER...*

Simulants retenus

- Gélatine à 10 %
 - Le comportement est le plus proche du muscle
- OTAN:
 - Gélatine à 20 %
 - Plastilline

Intérêt des simulants

- Comportement du projectile
 - Bascule, déformation, fragmentation
- Caractéristiques de l'impact
 - V , E_c , P
- Comportement du milieu
 - Force, pression, accélération, déplacement

PROFIL LESIONNEL

Modèle cadavre humain

- Cadavre frais (*Delorme, 1879*)
- Cadavre frais « pressurisé » (*Got et Durigon, 1984*)

Cadavre frais

- Anatomie régionale et topographique



Cadavre frais pressurisé

- Anatomie régionale et topographique
- Lésions vasculaires et hémorragie
- Marqueur lésionnel
- *MAIS*
 - Mise en œuvre difficile
 - Interprétation des résultats difficile

Cadavre bio-instrumenté



Modèle animal

- Taille, poids, volume musculaire comparables à ceux de l'homme,
- Thorax volumineux avec une carène sternale peu prononcée
- Volume abdominal comparable à celui de l'homme (côlon +++)
- Tissu cutané souple et peu lâche
- Anatomie et physiologie cardiovasculaire et respiratoire proches de l'homme
- SNC accessible

Cochon

- Critères anatomiques OK
- Critères biologiques OK
- Critères physiologiques OK
- Approvisionnement aisé et moins de contraintes éthiques

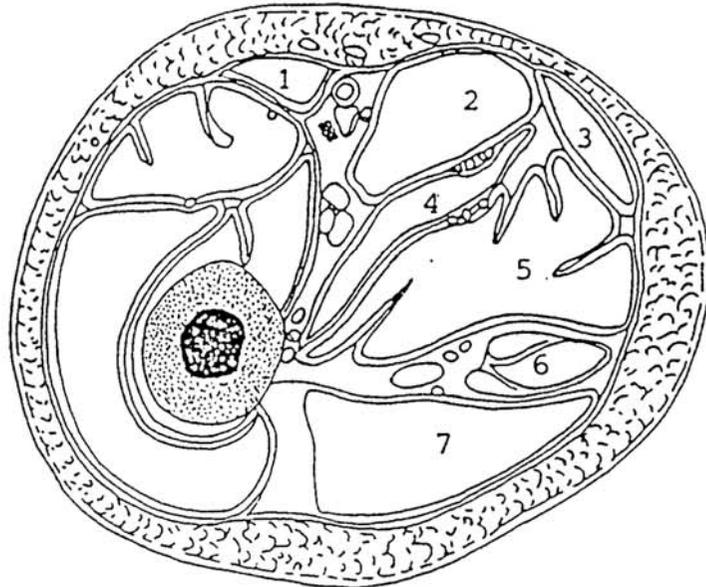
MAIS

- Crâne très différent

	HOMME	PORC
POIDS (kg)	75	90

CUISSE	HOMME	PORC
Circonférence (cm)	48	62
Épaisseur (cm)	14	14,5
Largeur (cm)	16	22

Homme



0 5 10 cm

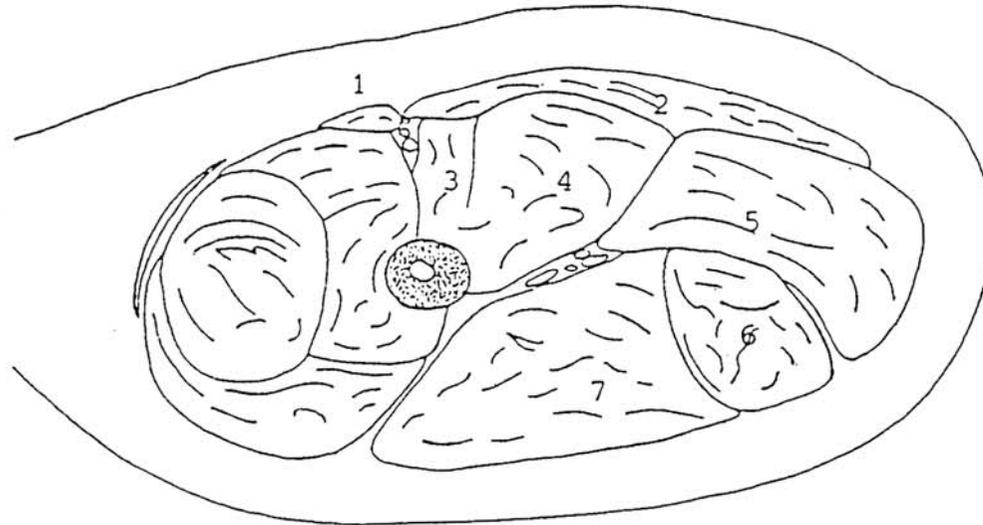
Coupe du tiers proximal

- 1- m. Sartorius
- 2- m. long adducteur
- 3- m. Gracile
- 4- m. court adducteur
- 5- m. grand adducteur
- 6- Chef long du m. biceps femoral
- 7- m. grand fessier

Coupe du tiers proximal

- 1- m. Sartorius
- 2- m. Gracile
- 3- m. pectiné
- 4- m. adducteur
- 5- Semi membraneux
- 6- Semi tendineux
- 7- m. biceps femoral

Porc



0 5 10 cm

ABDOMEN	HOMME	PORC
Circonférence (cm)	80	100
Largeur (cm)	30	24
Profondeur (cm)	20	37

THORAX	HOMME	PORC
Circonférence (cm)	89	96
Largeur (cm)	32	24
Profondeur (cm)	20	33

COU	HOMME	PORC
Circonférence (cm)	34	78
Largeur (cm)	11	22
Profondeur (cm)	10	27

Modèle Animal

- Le porc « large white » est donc le meilleur modèle

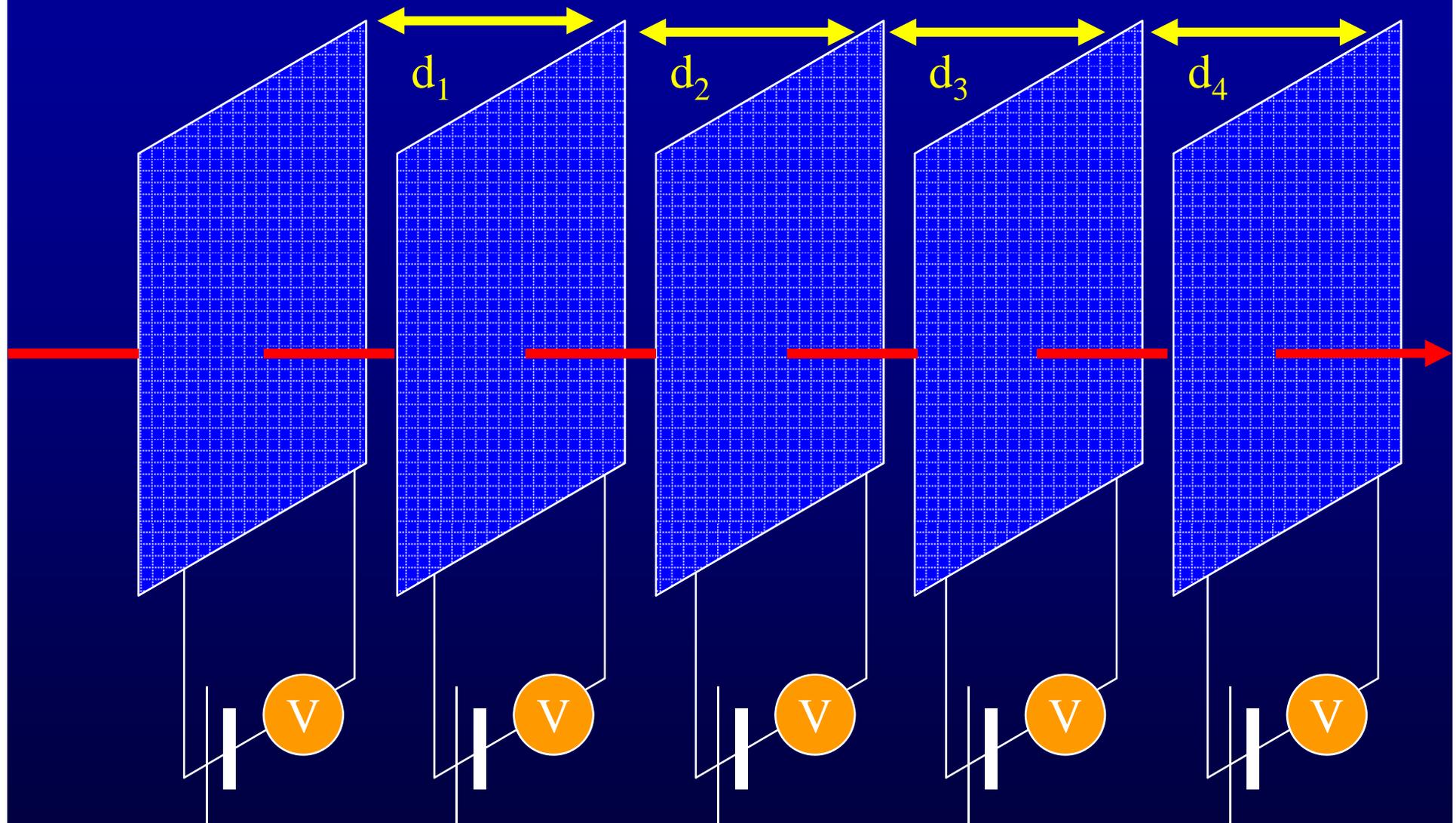
A CONDITION

- Pas d'expérimentation sur l'extrémité céphalique
- Pas de « mini-pig »

Bio-instrumentation (Breteau)

- Animal choisi : PORC de 90 kg
- DONNEES BIOPHYSIQUES
- DONNEES PHYSIOLOGIQUES
- DONNEES BIOLOGIQUES

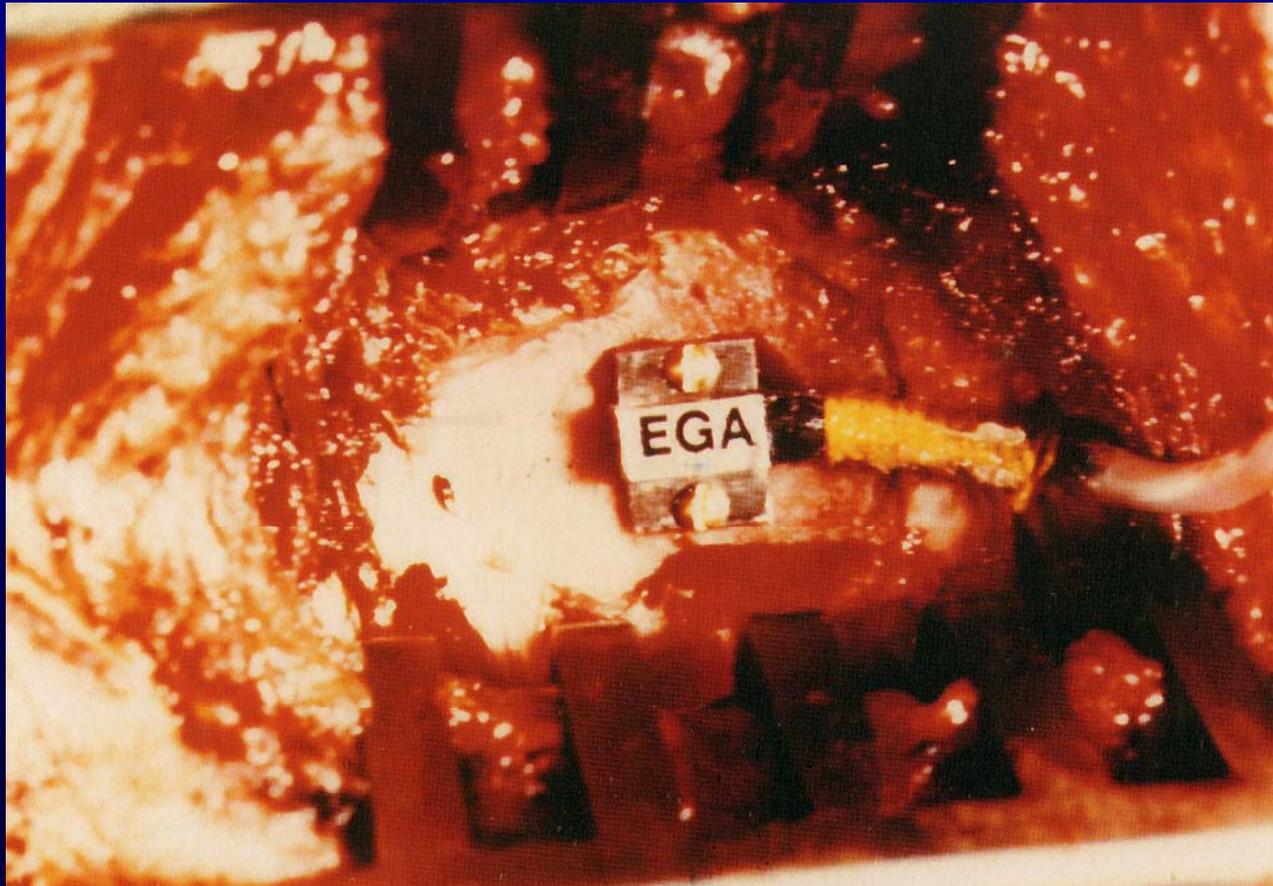
Mesure de vitesse des projectiles



$$V_1 = d_1 / (t_2 - t_1) \quad V_2 = d_2 / (t_3 - t_2) \quad V_3 = d_3 / (t_4 - t_3) \quad V_4 = d_4 / (t_5 - t_4)$$

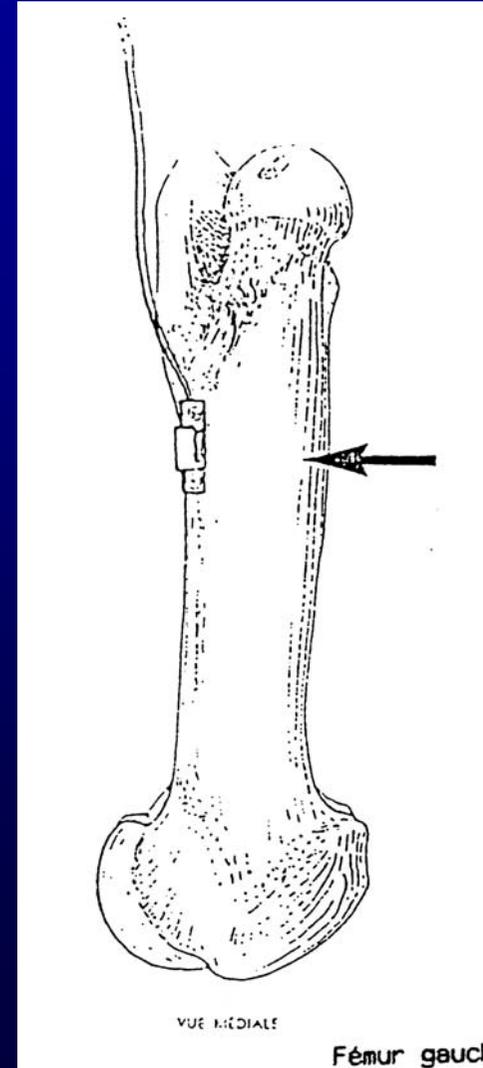
Enregistrement du mouvement vibratoire

- Accéléromètres triaxes



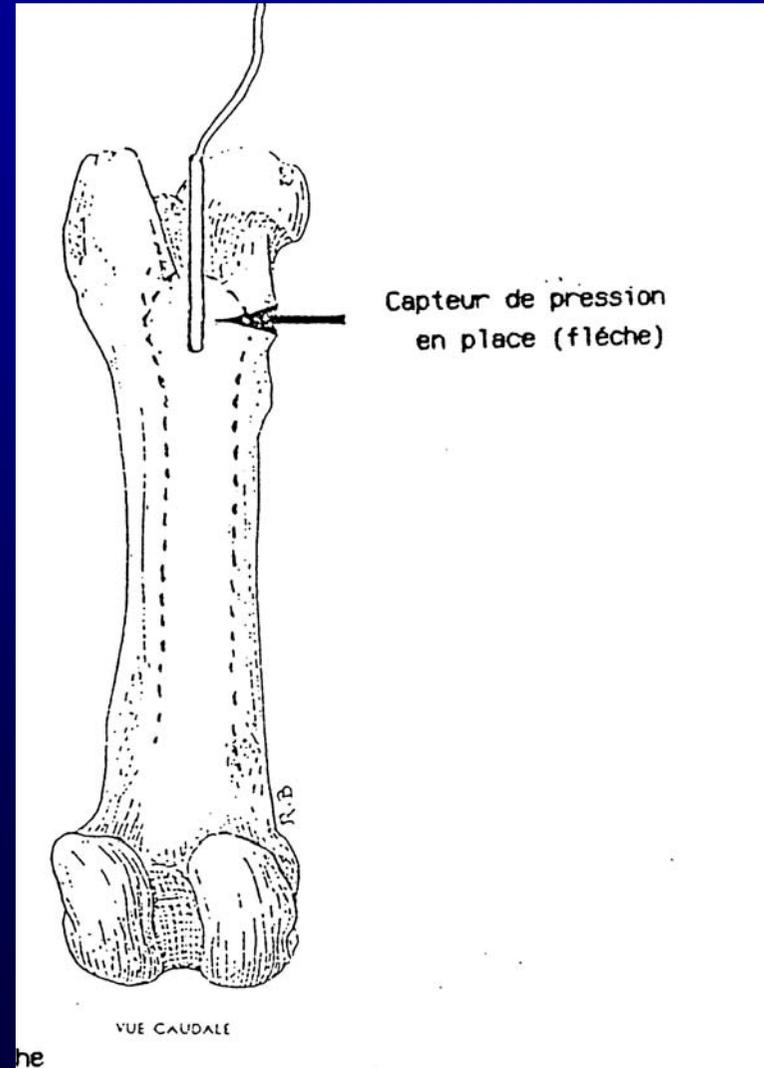
Enregistrement du déplacement centrifuge des tissus

- Jauges de contrainte



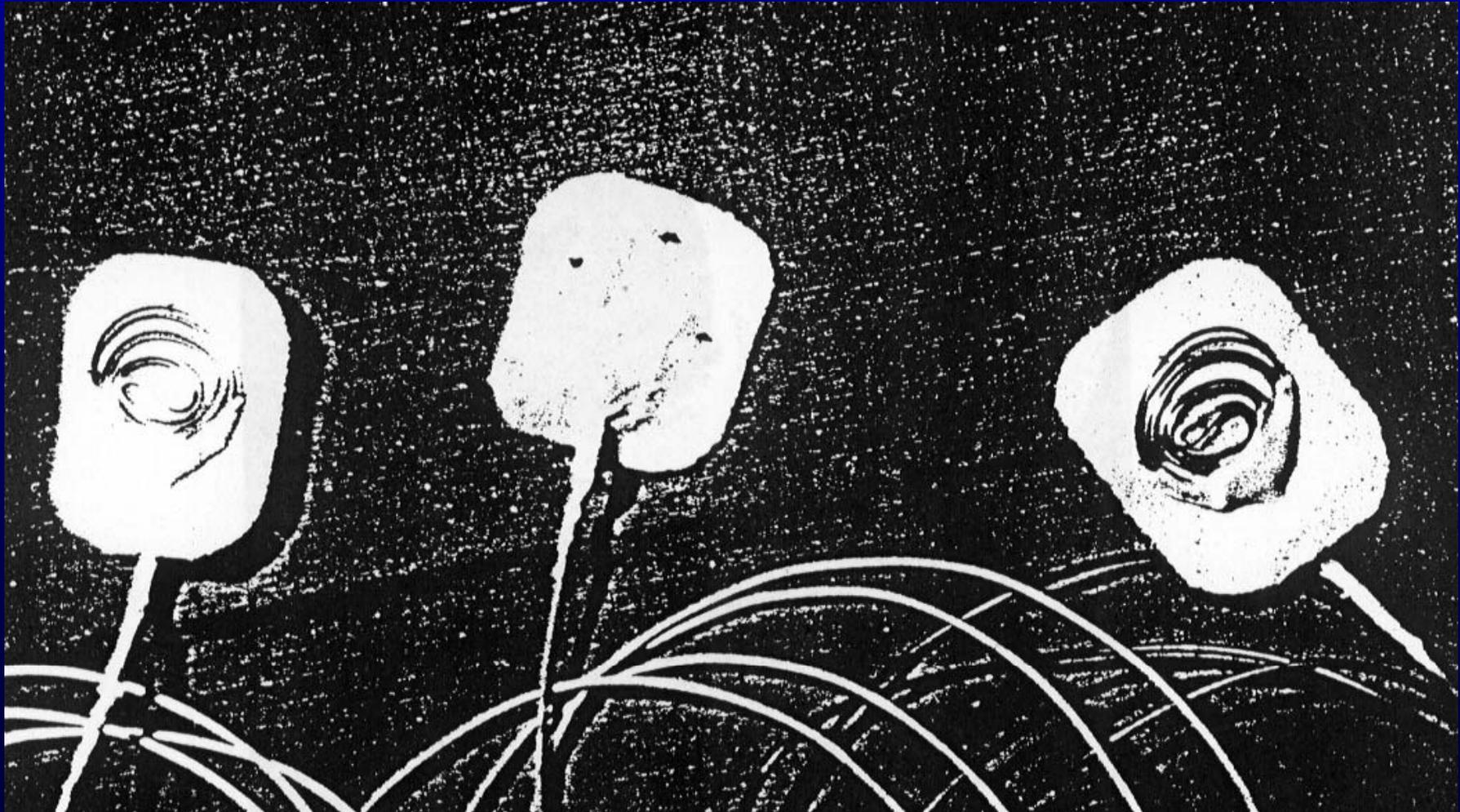
Variations de pression

- Capteurs de pression



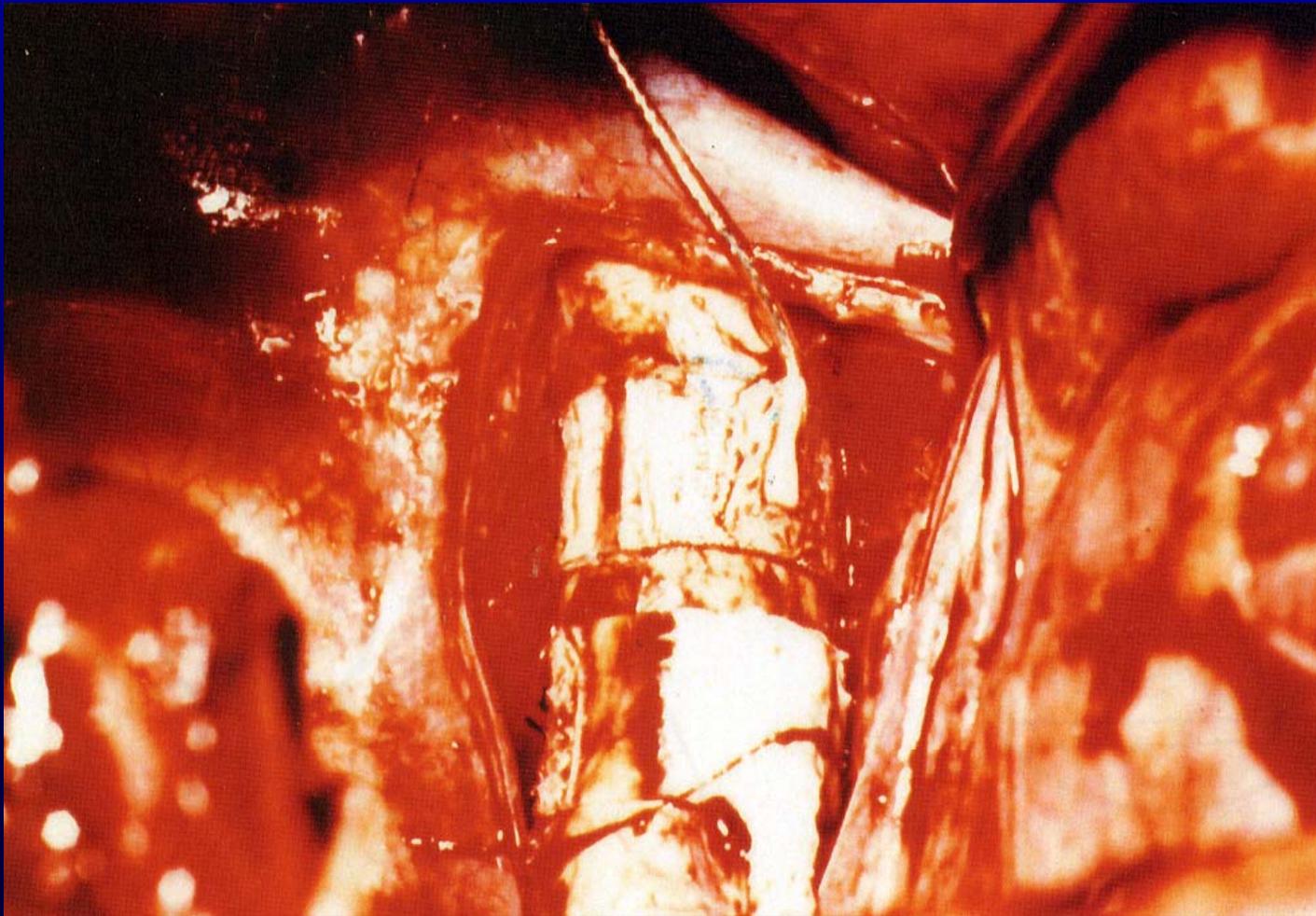
Electrocardiogramme

- Electrodes montées sur patch Dacron



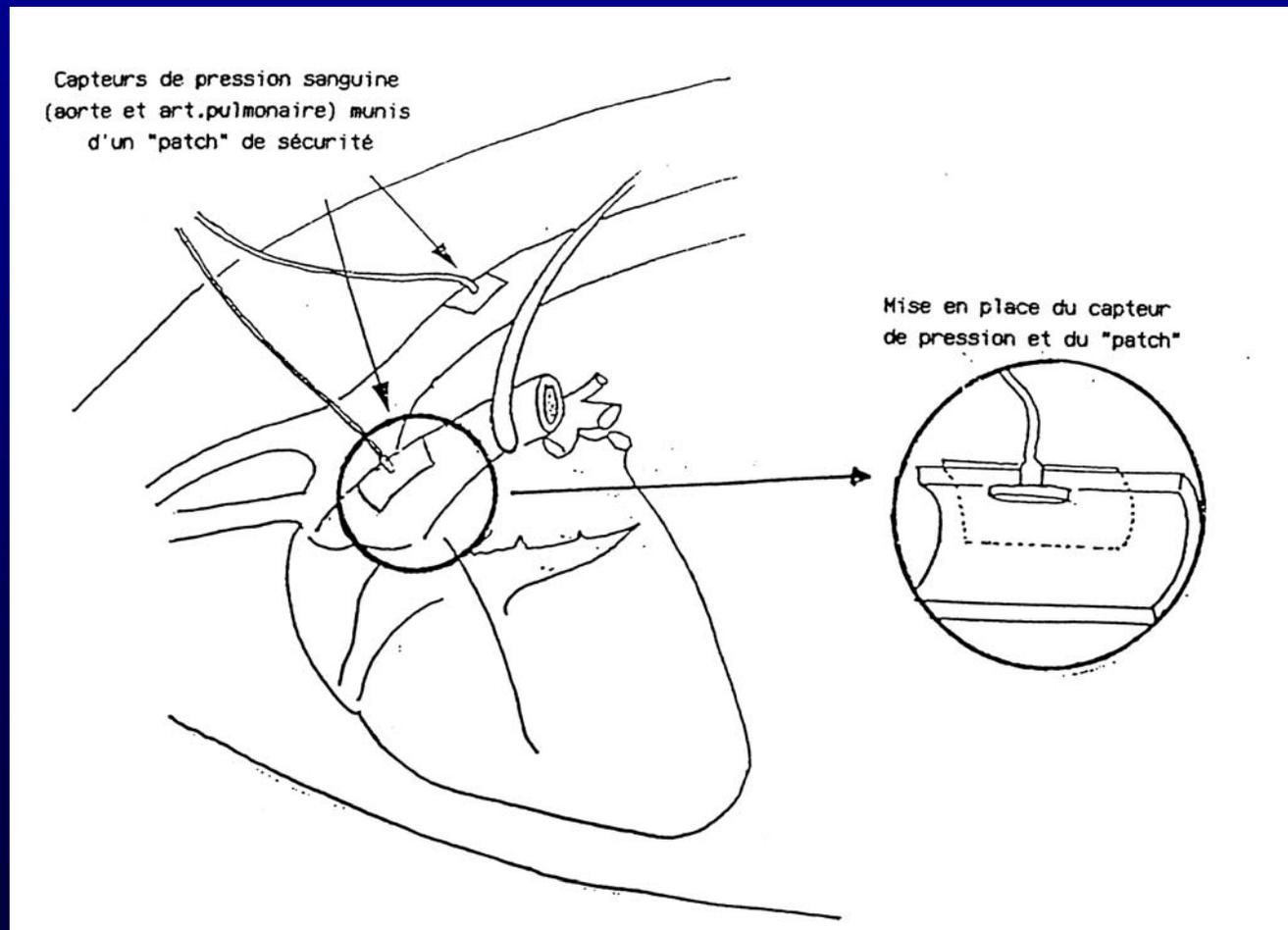
Débit cardiaque

- Sonde Döppler aortique



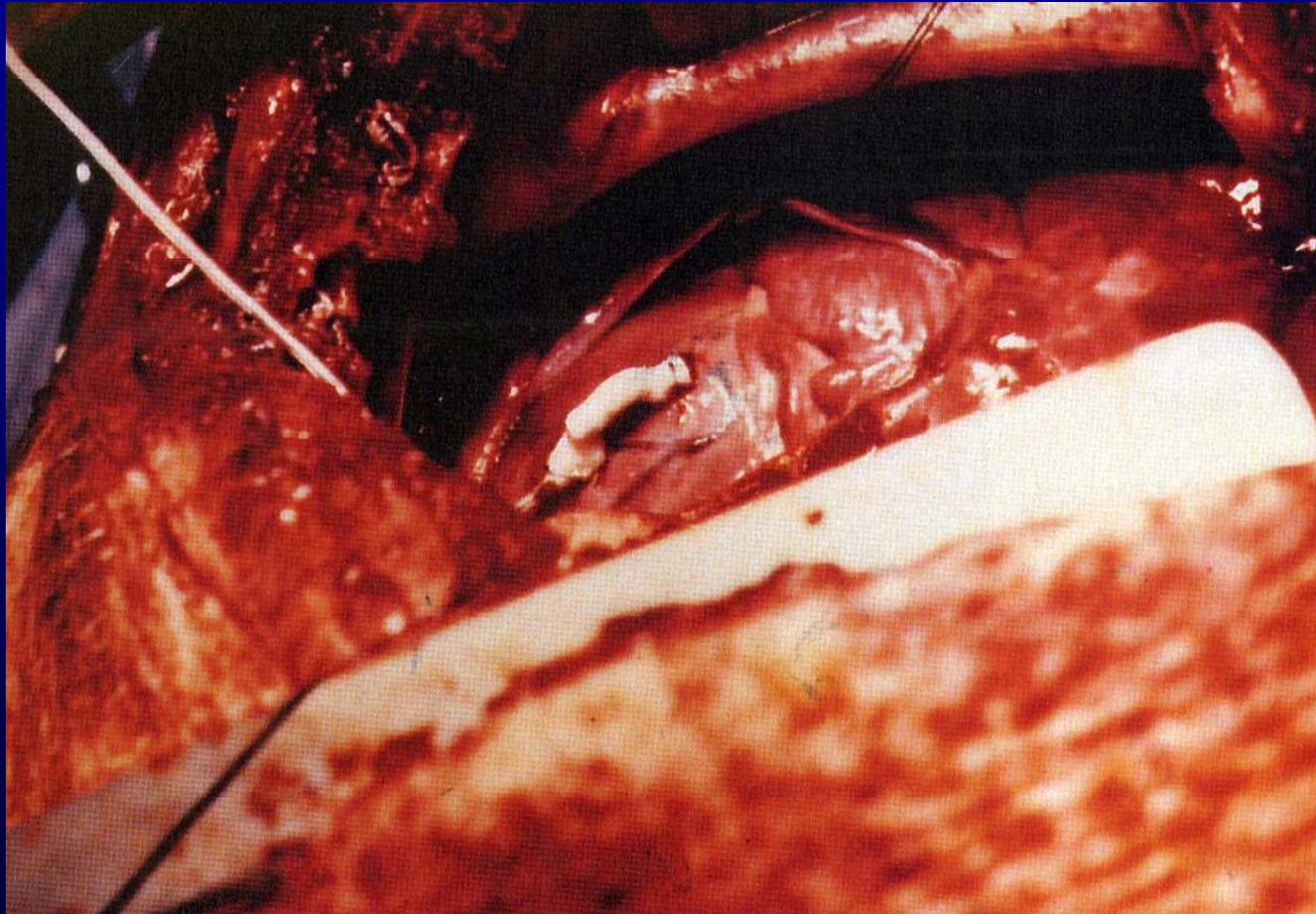
Pression sanguine

- Capteurs de pression



Contractilité myocardique

- Jauges de contrainte



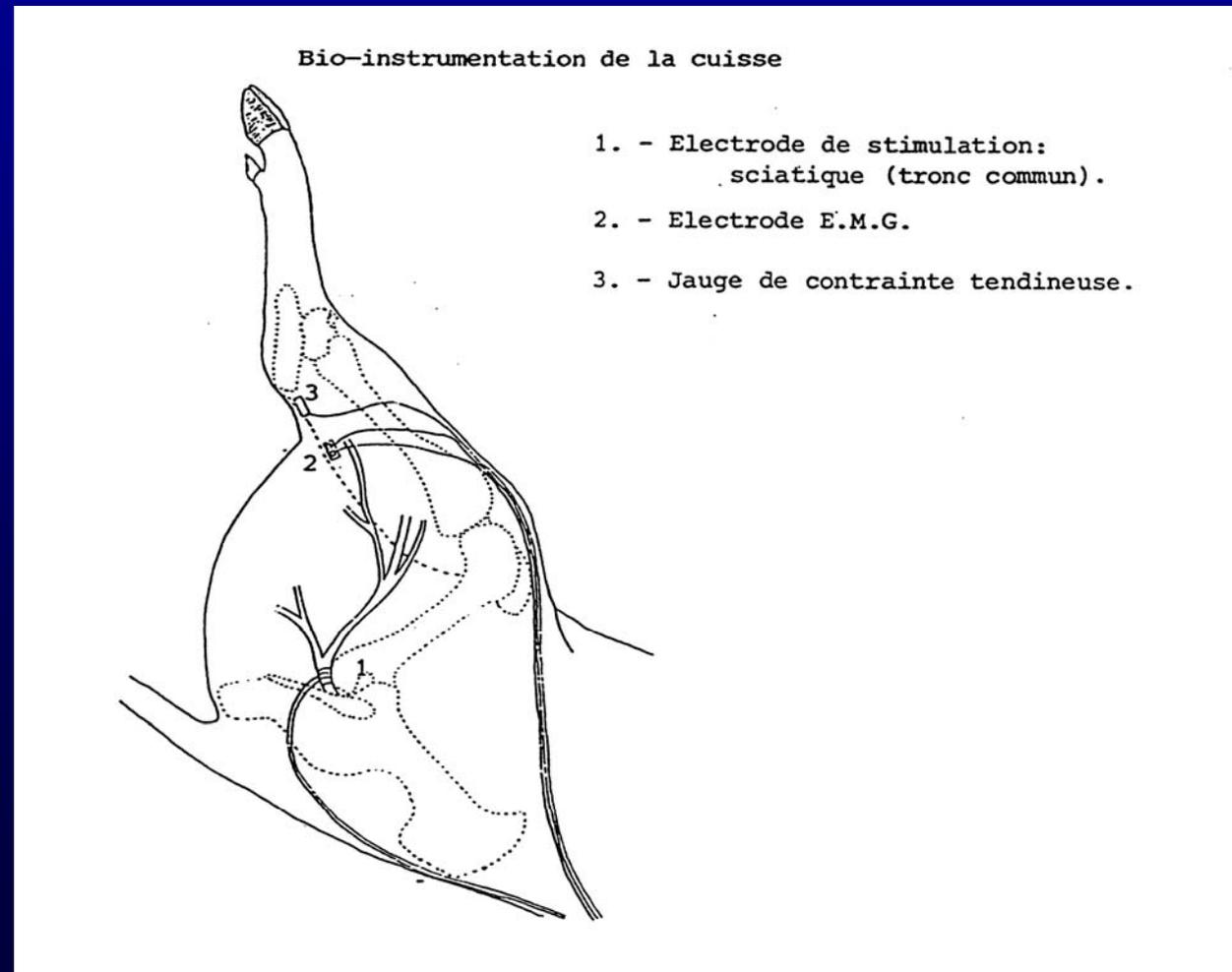
Paramètres ventilatoires

- Fréquence
- Débit
- Volumes
- Composition des gaz



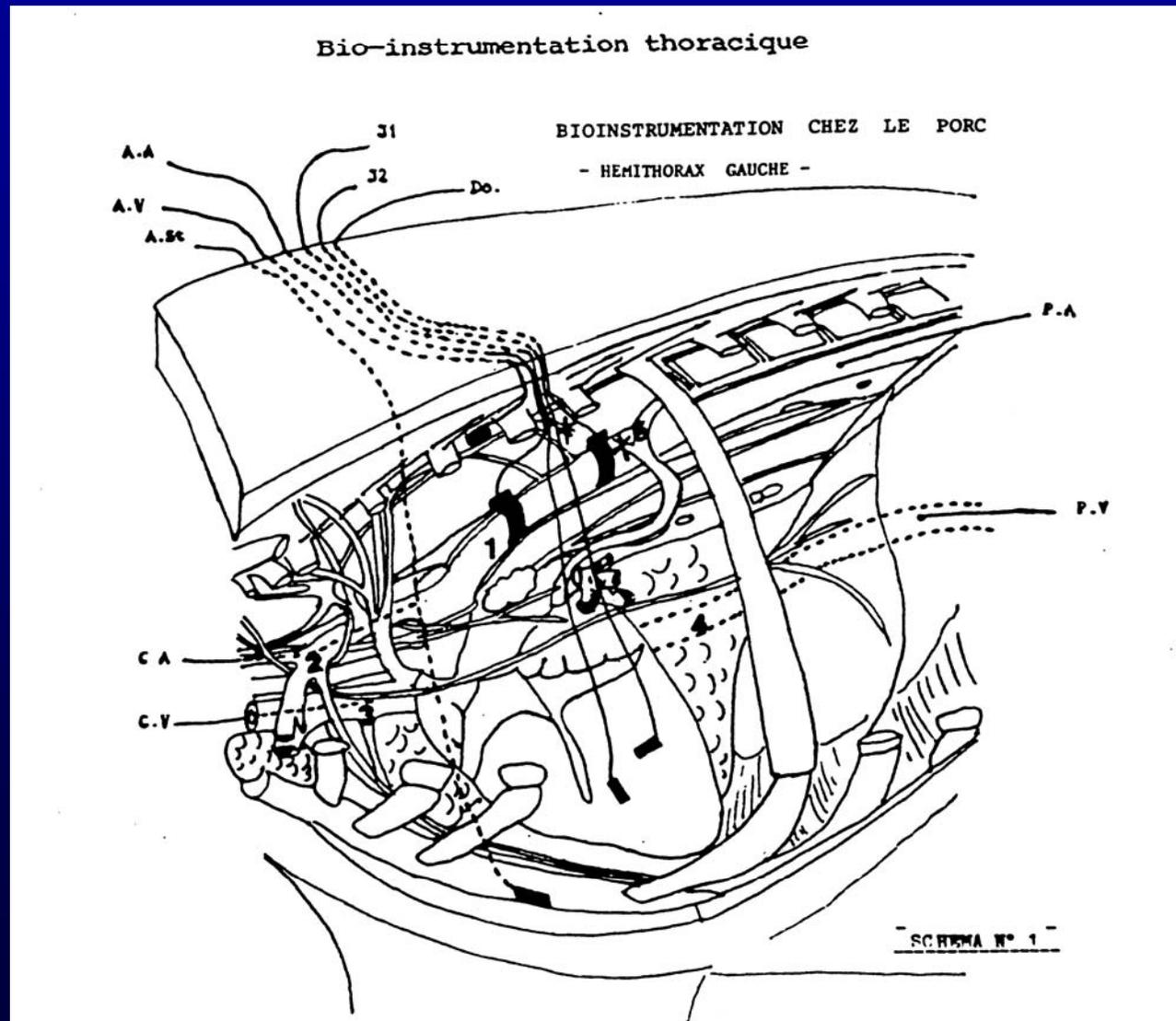
Electrophysiologie

- EMG



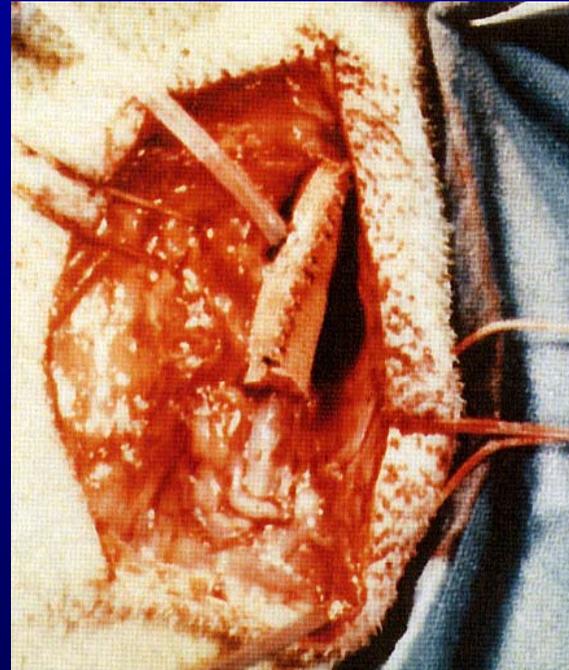
Température interne

Bio-instrumentation du thorax



Paramètres biologiques

- NFS
- Gaz du sang
- Ionogramme
- Hémostase
- Glucose-lactate
- Enzymes musculaires, myocardiques et hépatiques
- Adrénaline et noradrénaline



Agresseur : Projectile



Impact



Agressé : Milieu Vivant

- « Potentiel Vulnérant »



« Expression du potentiel »

I.P.V



- « Lésions »



- **Caractéristiques Physiques :**

1^{ère} approche :

- Masse
- Vitesse linéaire
- Calibre

Energie



**Effet Primaire
Pénétration
(C.P)**



- **Caractéristiques Tissus vivants :**

- Structure
- Fonction
- Anatomie
- Epaisseur

«Effet Crush »

- « Lois de la balistique »



« Lois du vivant »



- **Facteurs aggravant**

2^{ème} approche :

- vitesse
- Forme
- Structure –matériaux
- Construction



Relation Action-Réaction



- **Biomécaniques des tissus**



**Effet secondaire
(C.T)**



**Changement Instantané
« Effet stretch »
« Polycrissage »**

- Centre de Gravité
et Centre Géométrique

**Bascule – Déformation en champignon
Fragmentation du projectile**

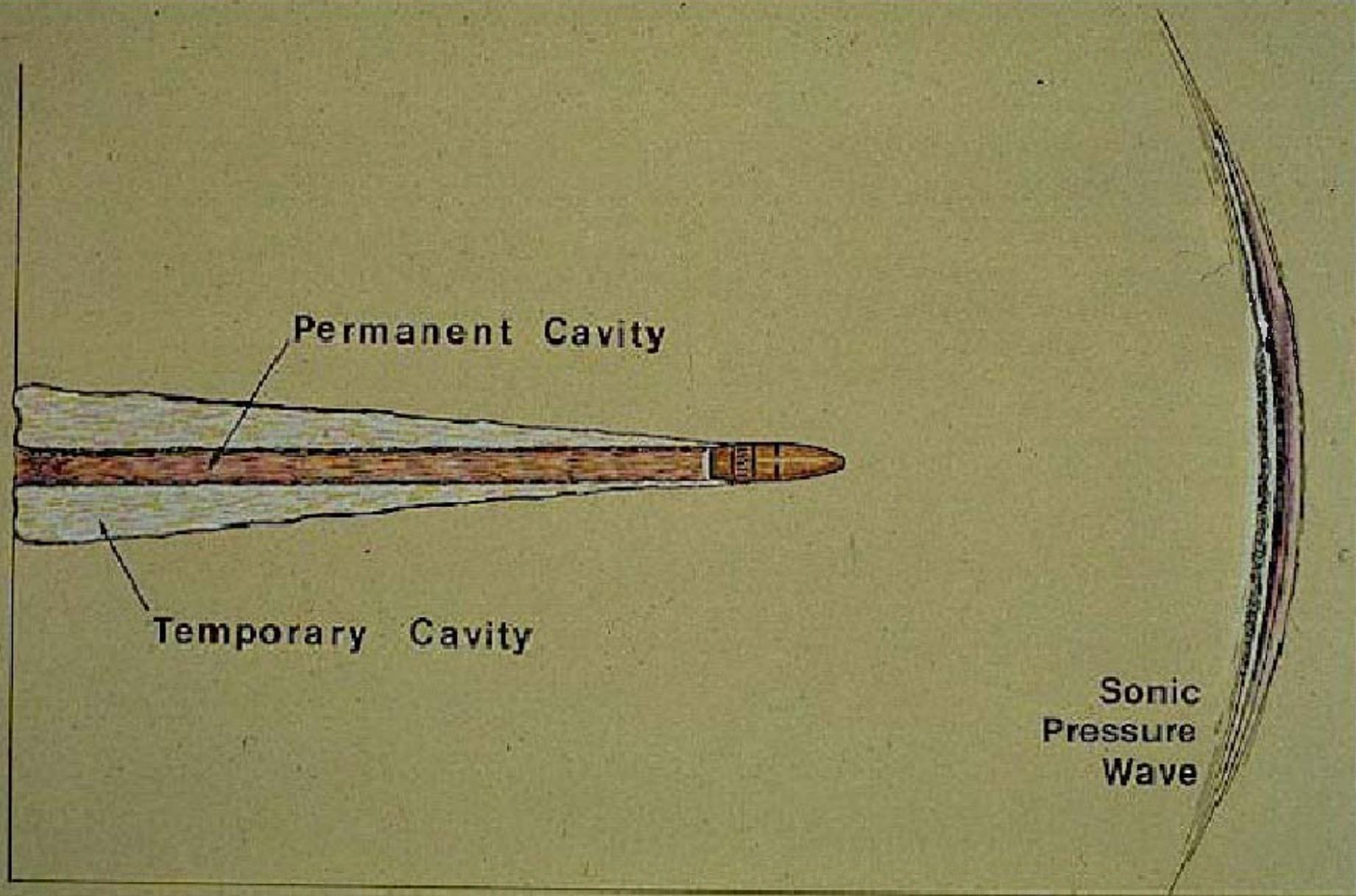
The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound component

Fackler ML, Malinowski JA

J Trauma 1985, 25(6) 522-529

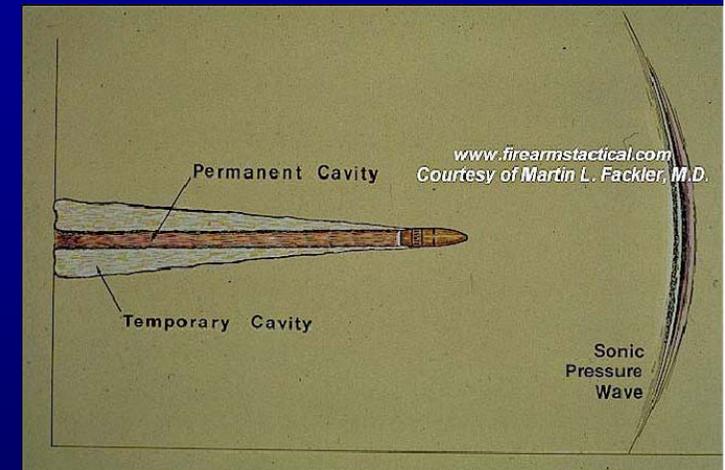
When a high-velocity bullet enters the body and ploughs through tissue, it is obvious that material in its path will be thoroughly disintegrated. A permanent cavity, filled with blood and pulped cells, is gouged out. In addition, immediately behind the moving missile, a large temporary cavity appears, many times the cross-sectional area of the missile itself. This , temporary cavity quickly subsides, but tissue at its periphery has been greatly stretched and cells may be injured.

Harvey et al. : Secondary damage in wounding due to pressure changes accompanying the passage of high velocity missiles. Surgery 1946, 21: 218-2239



L'onde de choc

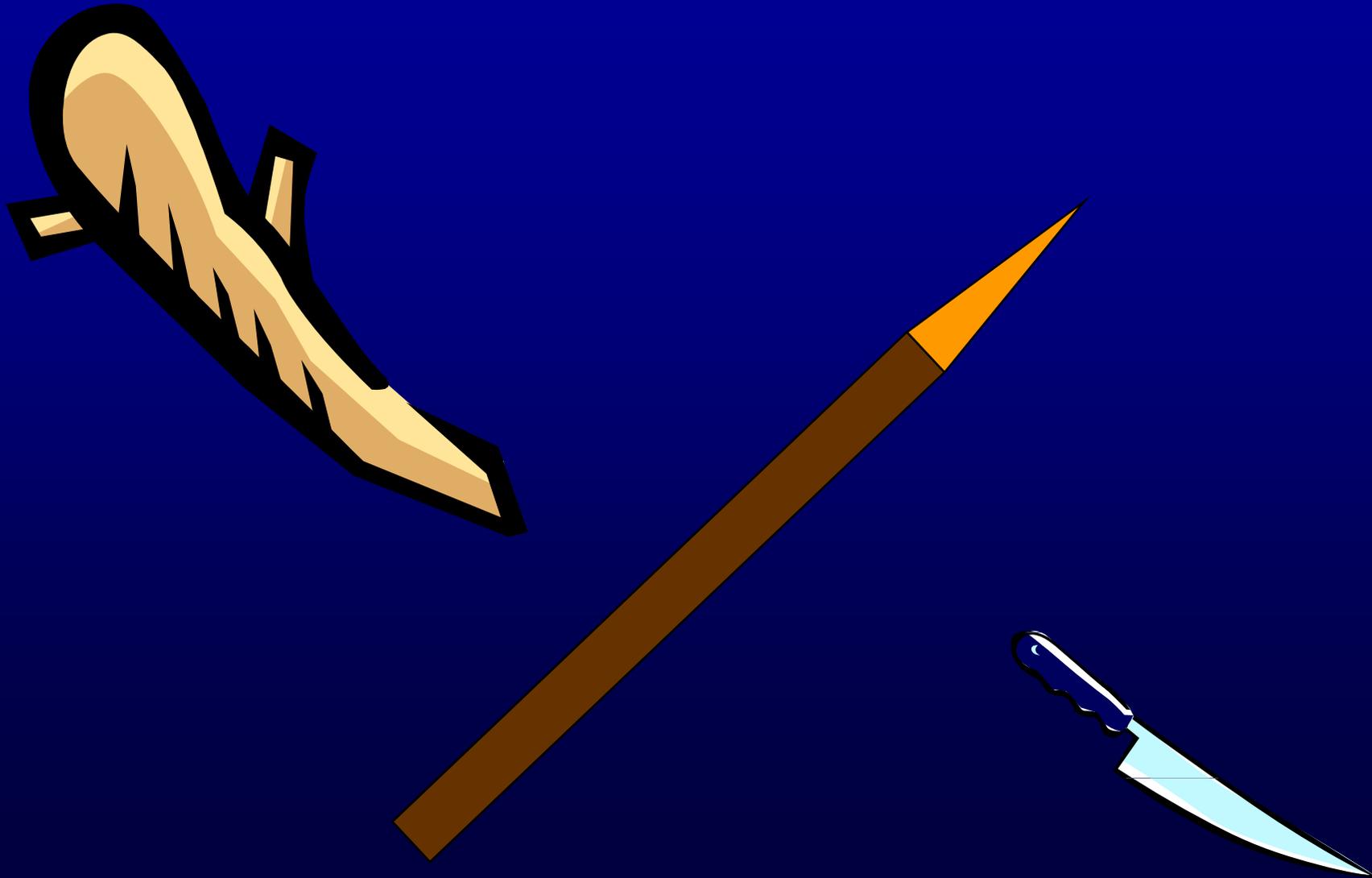
- 1463 m/s
- Précède le projectile
- 60 atm
- Dure quelques μ s
- Aucun déplacement ou dommage des tissus



l'onde de choc explosive...



Mécanismes lésionnels



Effets de l'agent vulnérant

- Coupe « *cutting* »
- Broiement « *crushing* »
- Étirement « *stretching* »

A énergie égale

COUPE > BROIEMENT > ETIREMENT



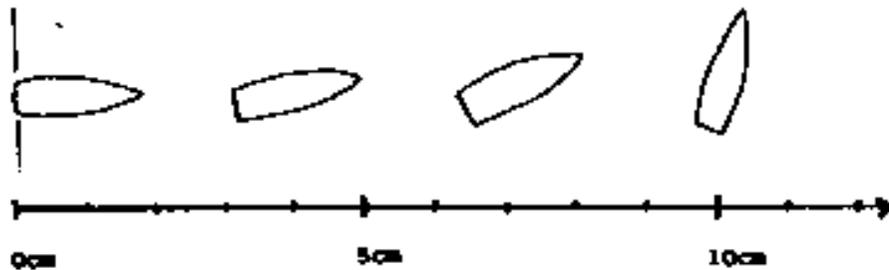
~ 70 J

Profil lésionnel

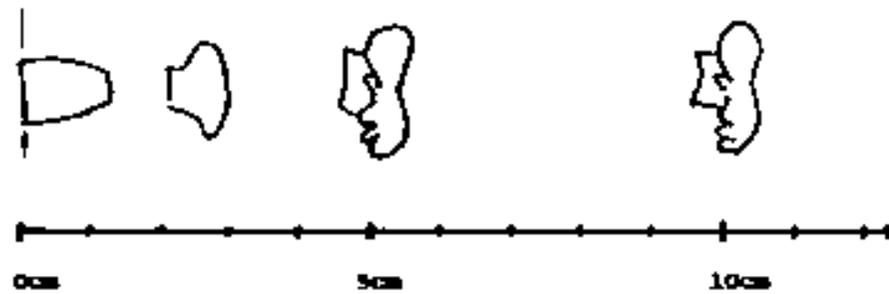
Méthode qui permet de quantifier les lésions tissulaires par **broiement** et **étirement** produites par un projectile.

Moyen : Bloc de gélatine calibré par rapport au muscle vivant sur la distance de pénétration:
GELATINE 10%

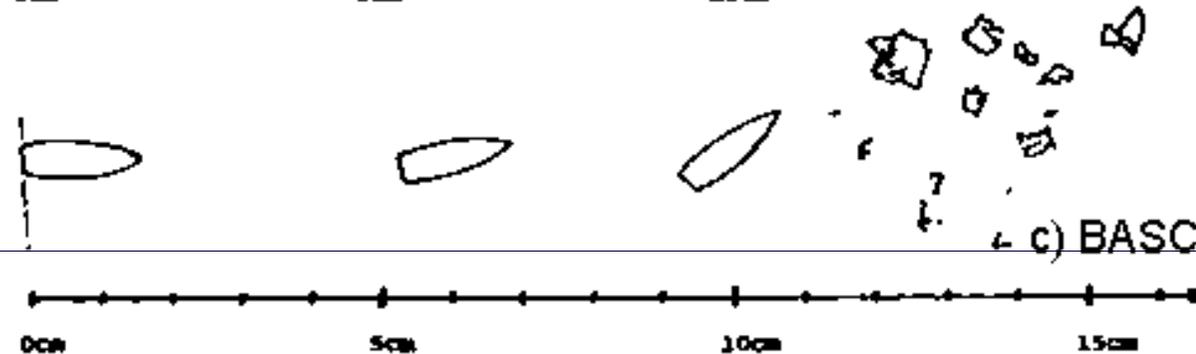
Comportement du projectile



a) BASCULE



b) DEFORMATION EN CHAMPIGNON



c) BASCULE ET FRAGMENTATION

Définition du « wound profile »

Dessin sur le quel figurent :

- Composantes de l'IPV
 - Vitesse
 - Distance de pénétration
 - Bascule, déformation, fragmentation
 - Cavité permanente
 - Cavité temporaire
- Dimensions et caractéristiques du projectile avant et après le tir

Méthode (1)

- Gélatine à 10%
- Blocs de 25cm x 25cm x 50cm
- Conservés dans du plastique pour éviter la déshydratation
- Plusieurs blocs les uns derrière les autres
- 4°C

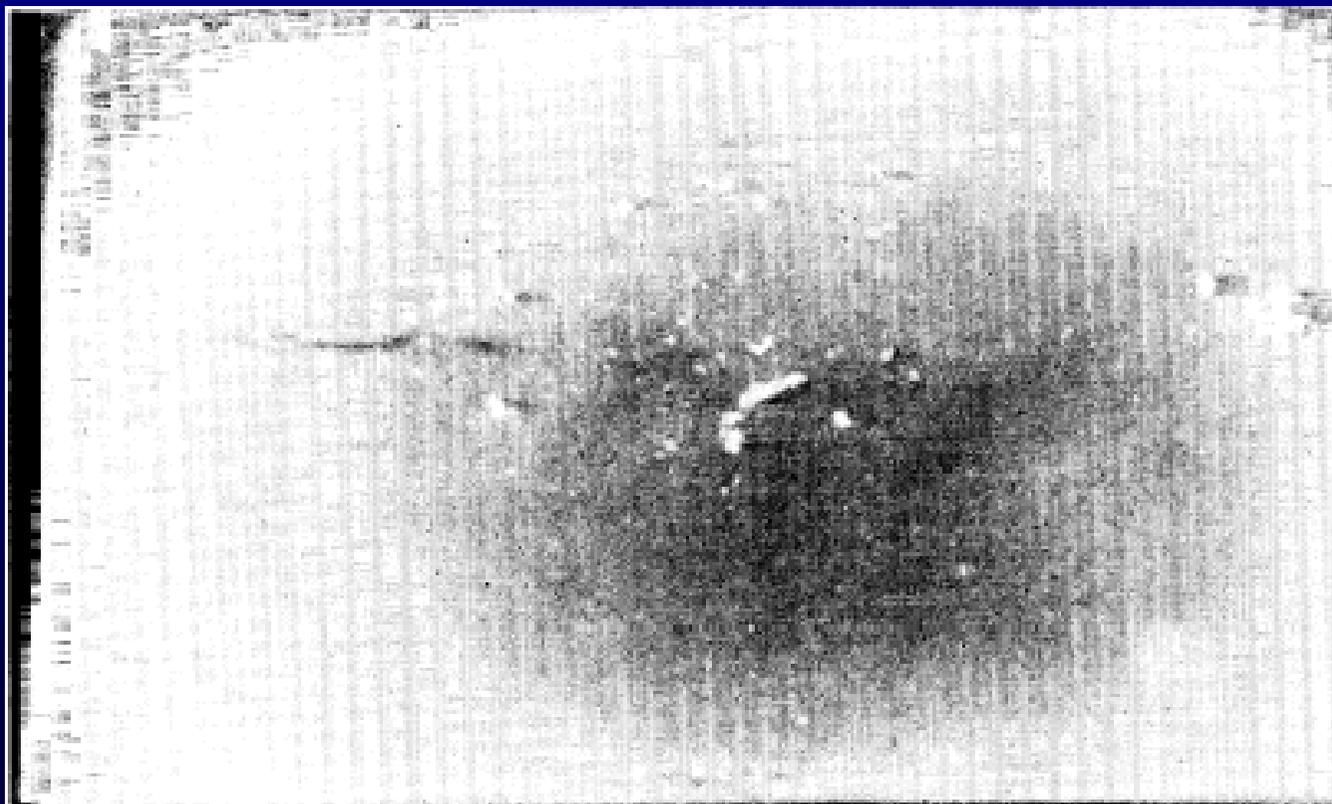


Méthode (2)

- Etalonnage du bloc
- Tir sur affut
- Mesure de la vitesse

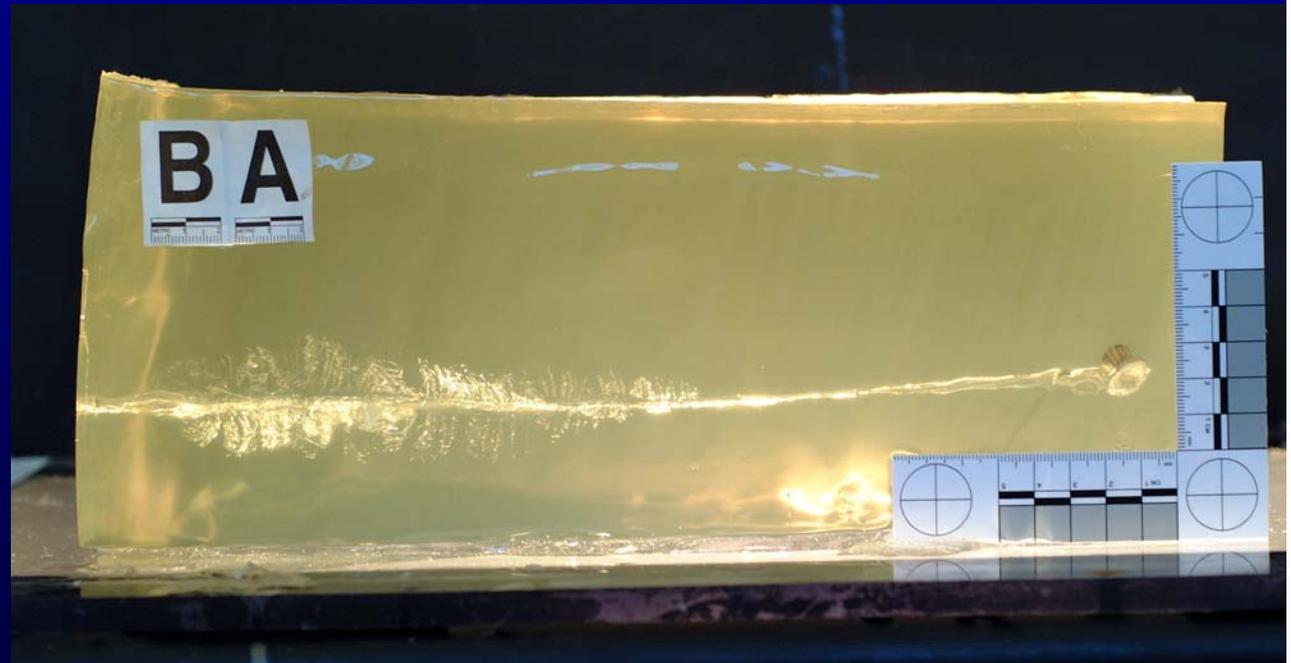
Méthode (3)

- Radiographie du bloc



Méthode (4)

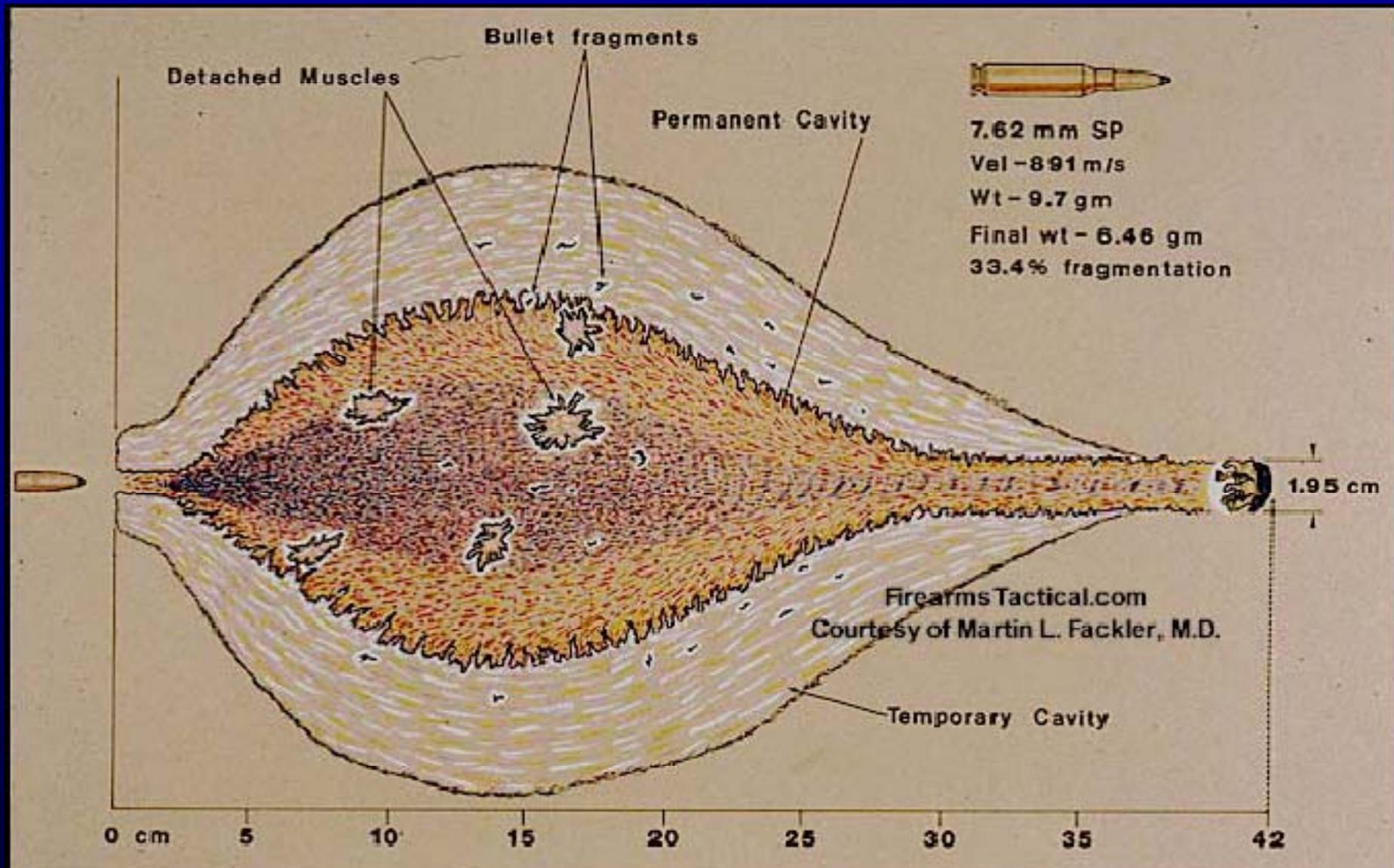
- Examen et coupe du bloc



Méthode (5)

- Mesures
 - Longueur de pénétration
 - Cavité permanente
 - Cavité temporaire (somme des rayons des deux plus grandes fissures)
- Dessin

Résultat



Intérêt de la gélatine à 10 %

- Profondeur de pénétration corrélée à 3% près à celle mesurée dans une cuisse de porc vivant.
- Déformation et fragmentation des projectiles comparable.

Cavité permanente

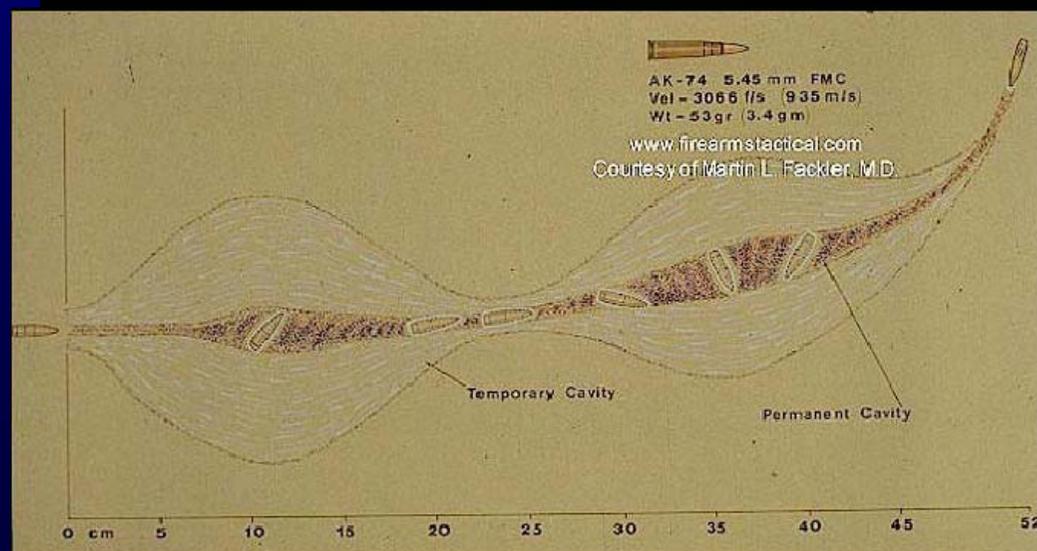
Excellent reflet de ce qui est observé dans différents tissus : foie, muscle, tube digestif, poumon...

TISSUS BROYES

Limite : la cavité temporaire

LES FAITS (Fackler, 1983):

La cavité temporaire produite par une sphère d'acier de 6 mm, tirée à 1000m/s, dans une cuisse de porc de 30kg anesthésié, mesurée par radiographie éclair, reflète avec une erreur de 8% les craquelures observées dans un bloc de gélatine à 10%, de 25x25x50, à 4°C.



Cavité temporaire

- 4 atm
- Sa taille est fonction
 - Région anatomique atteinte
 - Élasticité et densité du tissu traversé
 - Anatomie topographique
 - Degré de relaxation du muscle

ETIREMENT : dégâts variables en fonction du tissu traversé

Poumon < muscle < foie, rate

Intérêt

- Idée de la pénétration
- Idée de la trajectoire
- Comportement du projectile (bascule, déformation, fragmentation) sans avoir à faire des essais *in vivo*
- Compréhension du mécanisme lésionnel (peu de lésions au niveau du poumon / traumatismes gravissimes du foie)

Intérêt

Compréhension de la façon dont le projectile perd de l'énergie :

A perte d'énergie égale, le broiement produit des lésions plus sévères que l'étirement.

Intérêt

Explication de certaines lésions observées au niveau des viscères pleins (foie, rate, rein) et des viscères creux en réplétion (estomac, vessie).

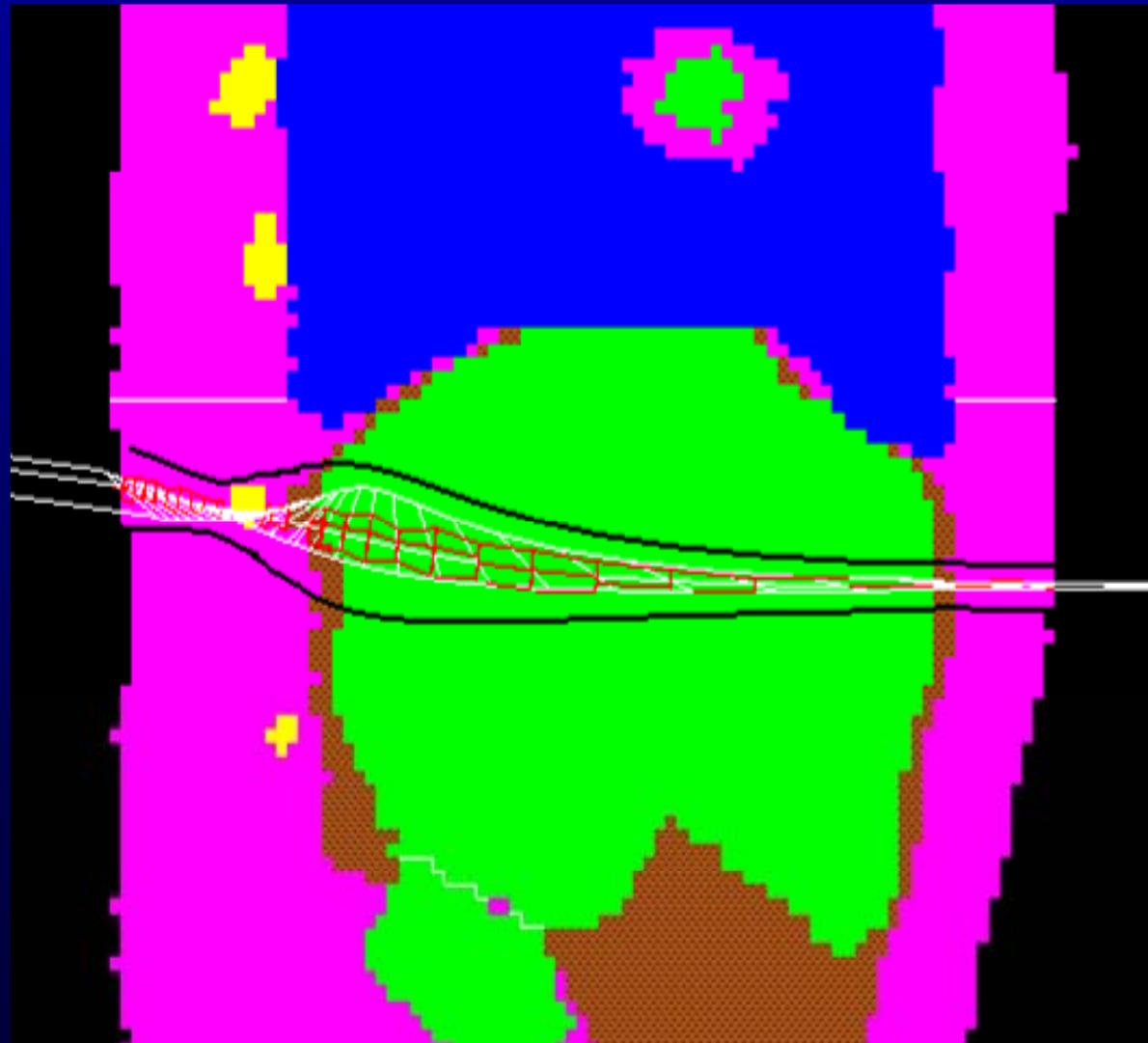
Intérêt clinique

- Triage des blessés
- Traitement chirurgical



Traiter la plaie et les lésions que l'on observe, et non l'arme et les lésions que l'on craint.

Intérêt pour la recherche



7,62
(AK 47)

Plaies par arme blanche

Effet de coupe +++

- aiguisement de la lame
- forme de la lame
- vitesse de pénétration (0 à 15 m/s)

Plaies par arme à feu

Effet de broiement +++

Effet d'étirement +/-

- vitesse et masse du projectile

$$E = mv^2 / 2 \quad P = mv$$

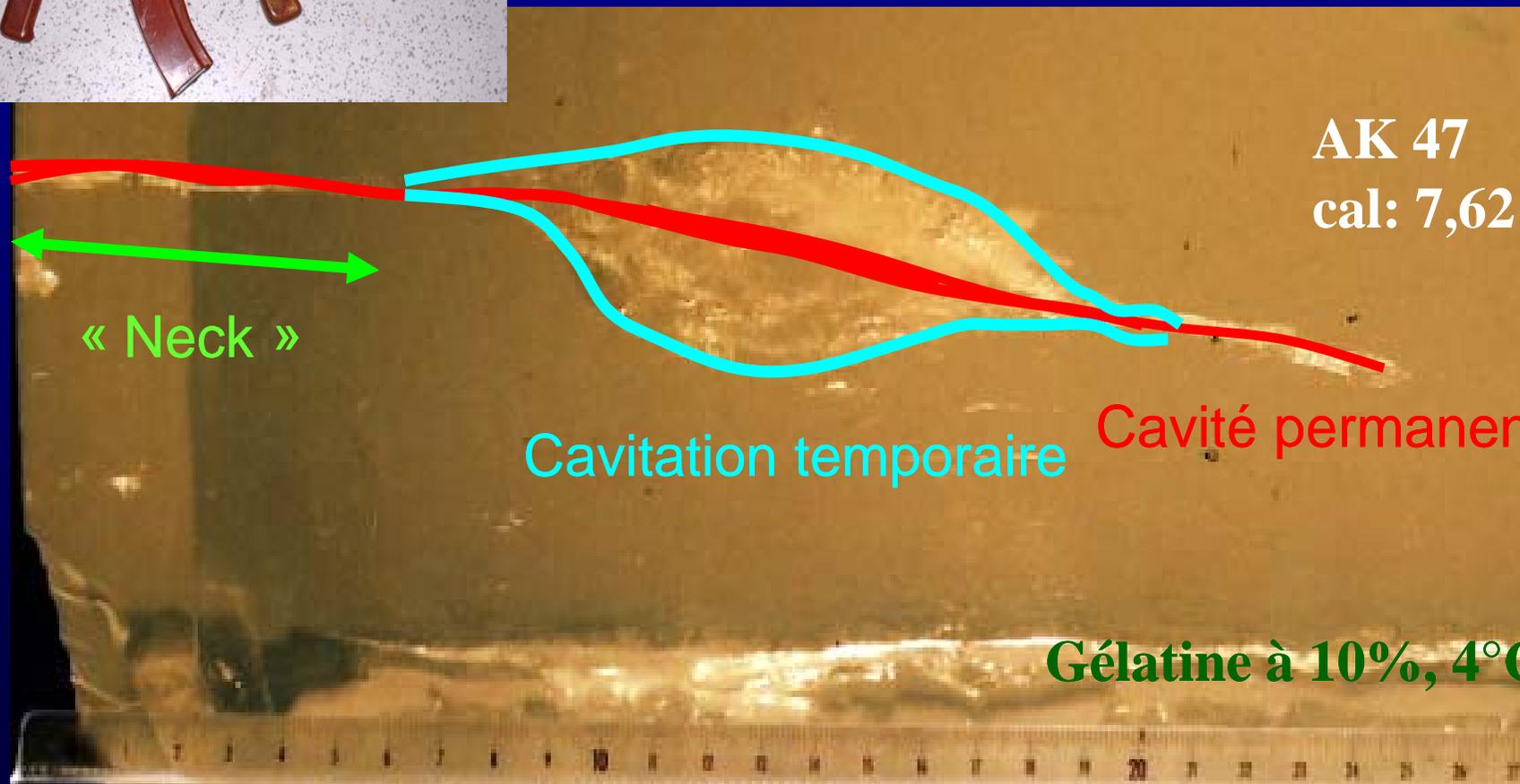
- forme du projectile

déformation, fragmentation, retournement

- milieu traversé

Profil Lésionnel

« wound profile » M.L. Fackler



AK 47
cal: 7,62

« Neck »

Cavitation temporaire

Cavité permanente

Gélatine à 10%, 4°C

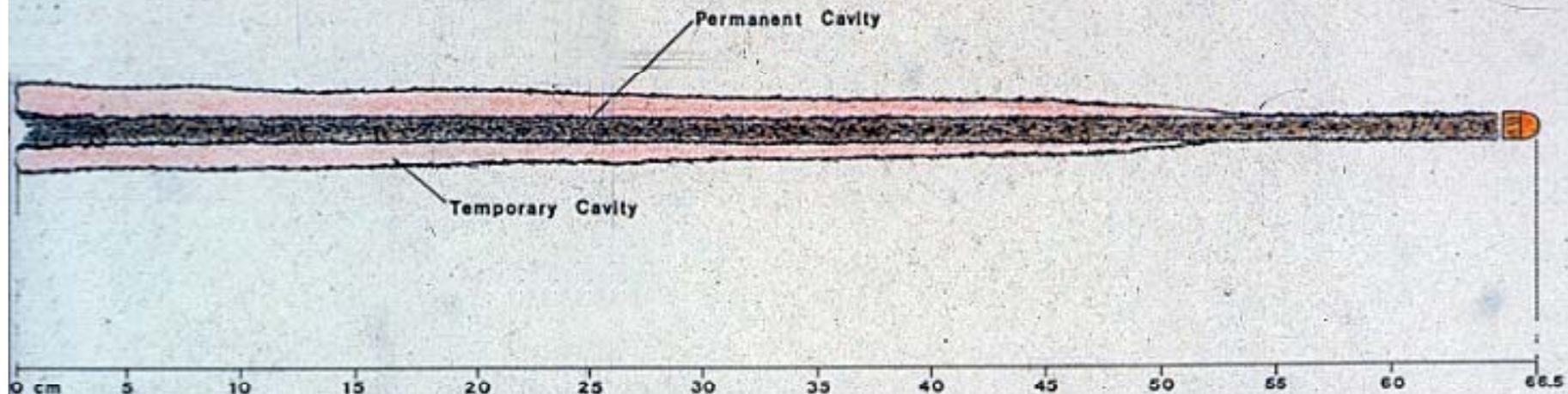
Composantes fondamentales du Profil Lésionnel

- Longueur totale du trajet
- Collet ou « Neck »
- Cavitation
 - Cavité permanente (effet crush)
 - Cavité temporaire (effet stretch)

Projectile chemisé sans bascule



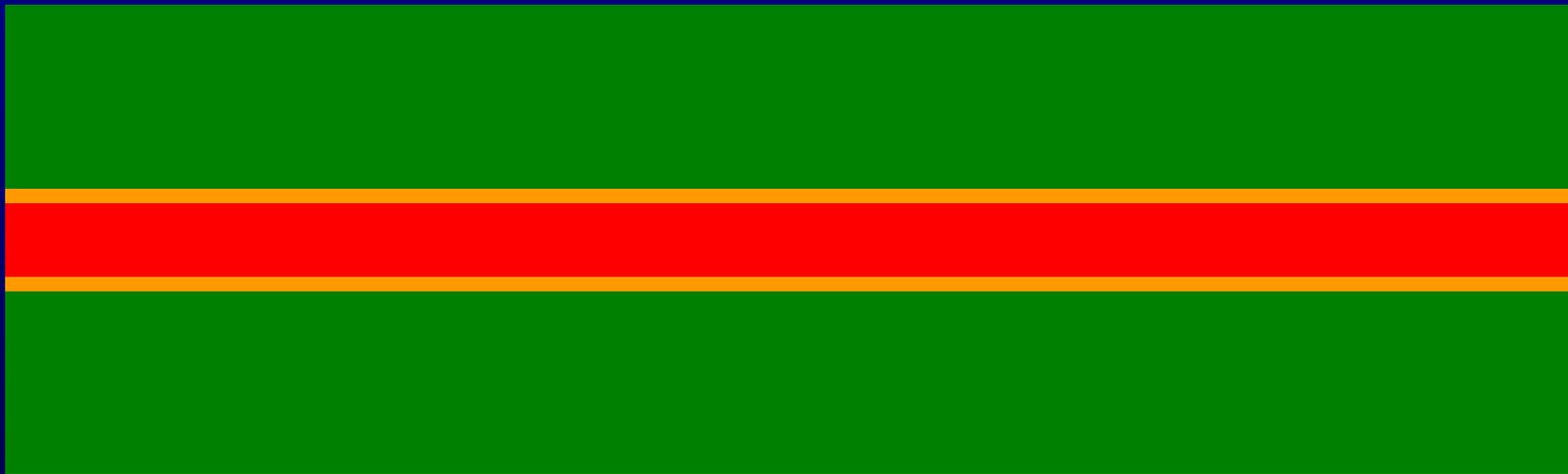
.45 Automatic (11.4 mm)
Vel - 869 f/s (265 m/s)
Wt - 230 gr (14.9 gm) FMC



Profil Lésionnel d'un projectile
de calibre 11,43 mm (Colt 45) Chemisé

Projectile chemisé sans bascule

UN TROU



Tissu détruit

Tissu voué à la nécrose

Projectile chemisé sans bascule

UN TROU

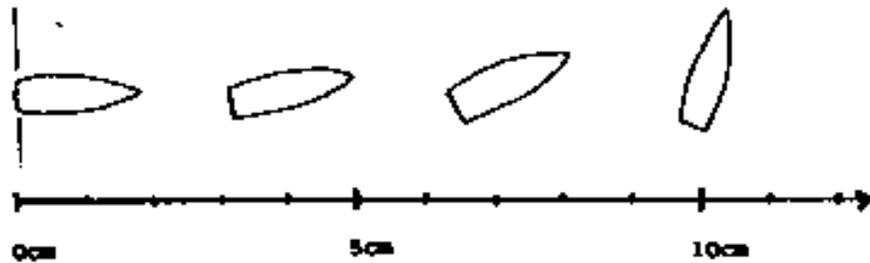


Tissu détruit

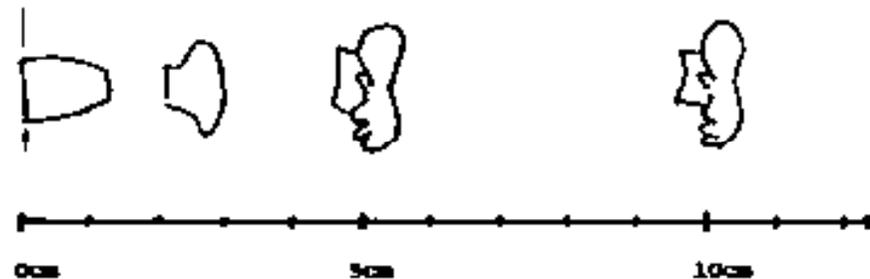
Tissu voué à la nécrose



Bascule, champignonnage

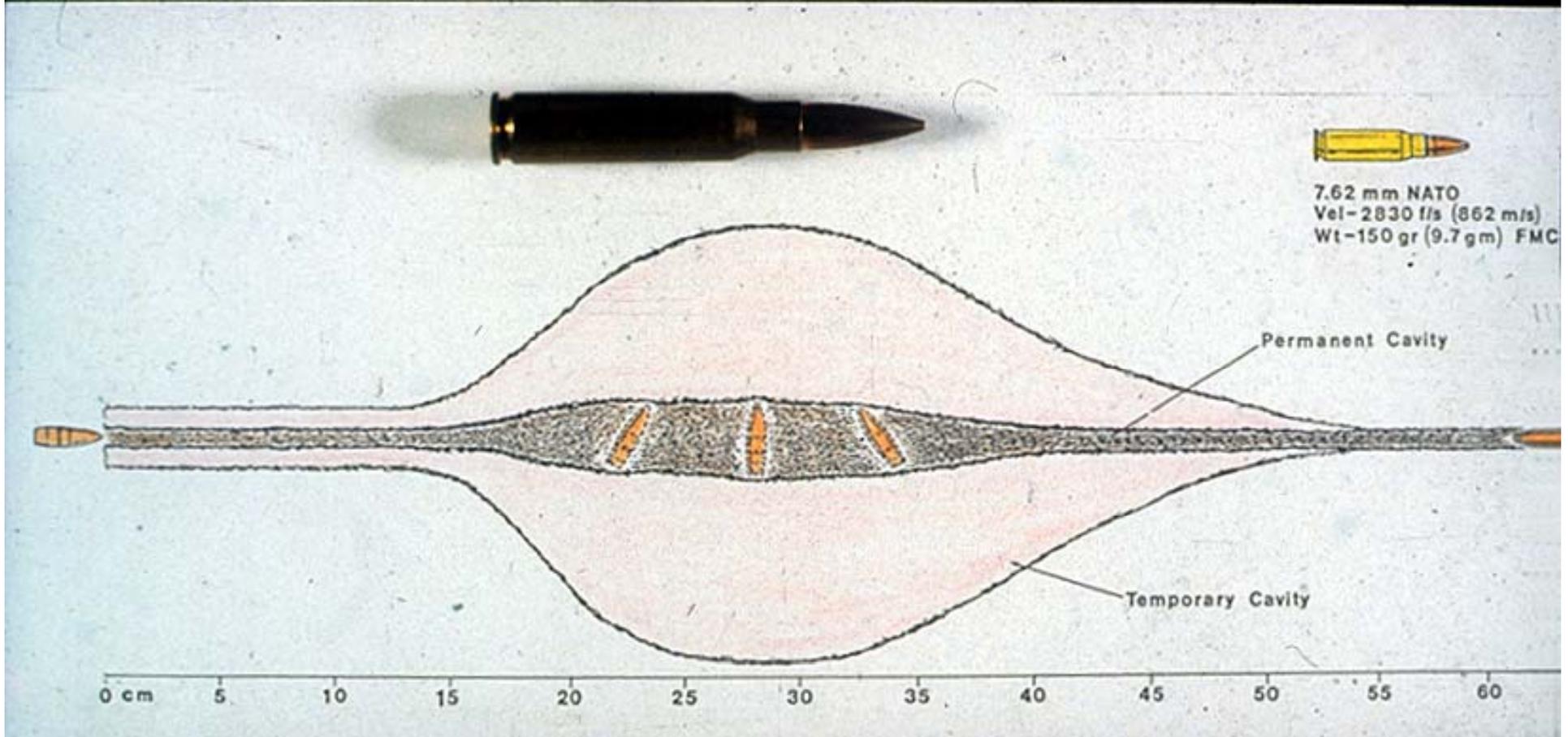


a) BASCULE



b) DEFORMATION EN CHAMPIGNON

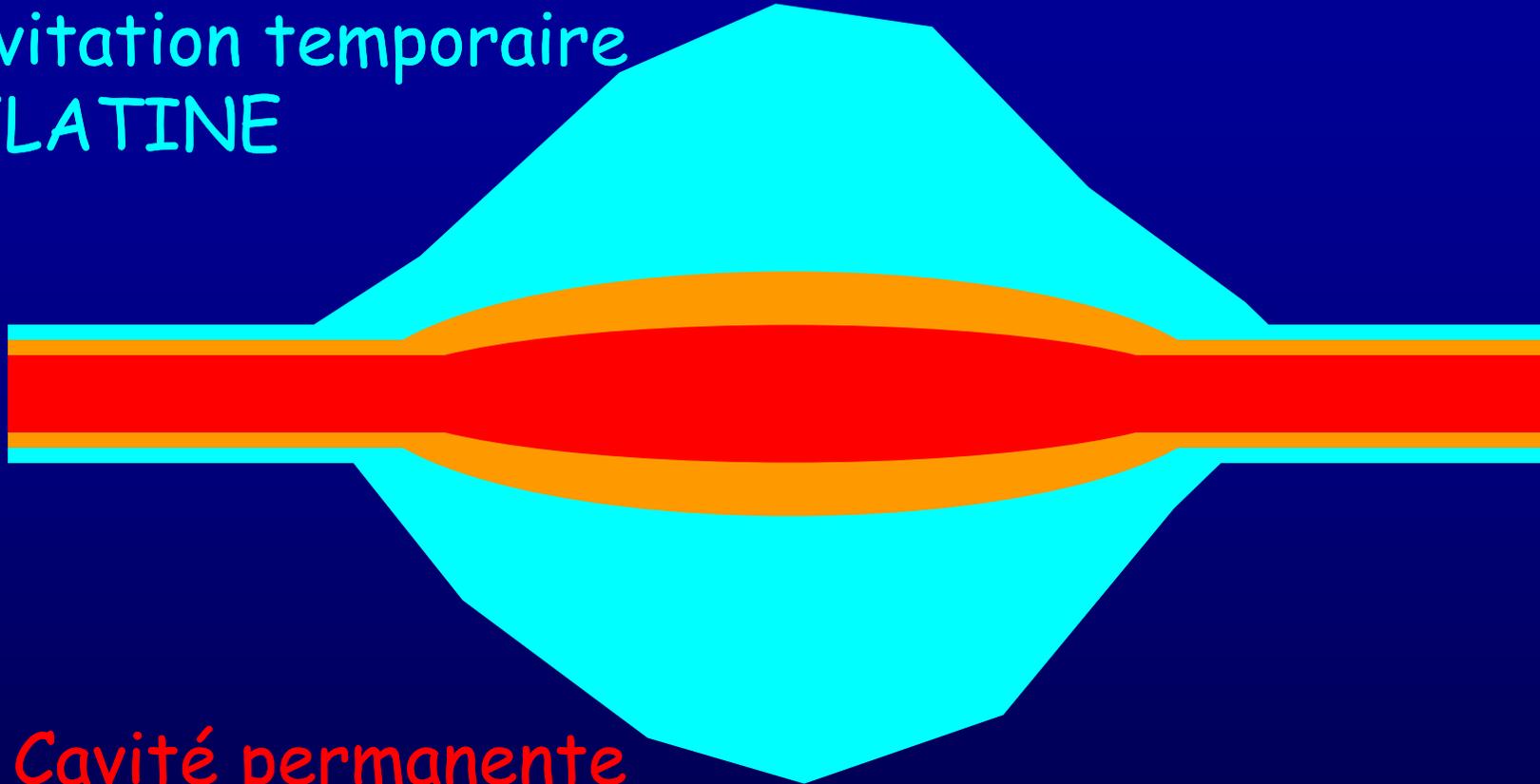
Projectile chemisé avec bascule



Profil Lésionnel d'un projectile
de calibre 7,62 mm chemisé (OTAN)

On ne traite ni le projectile, ni l'arme, mais le BLESSE

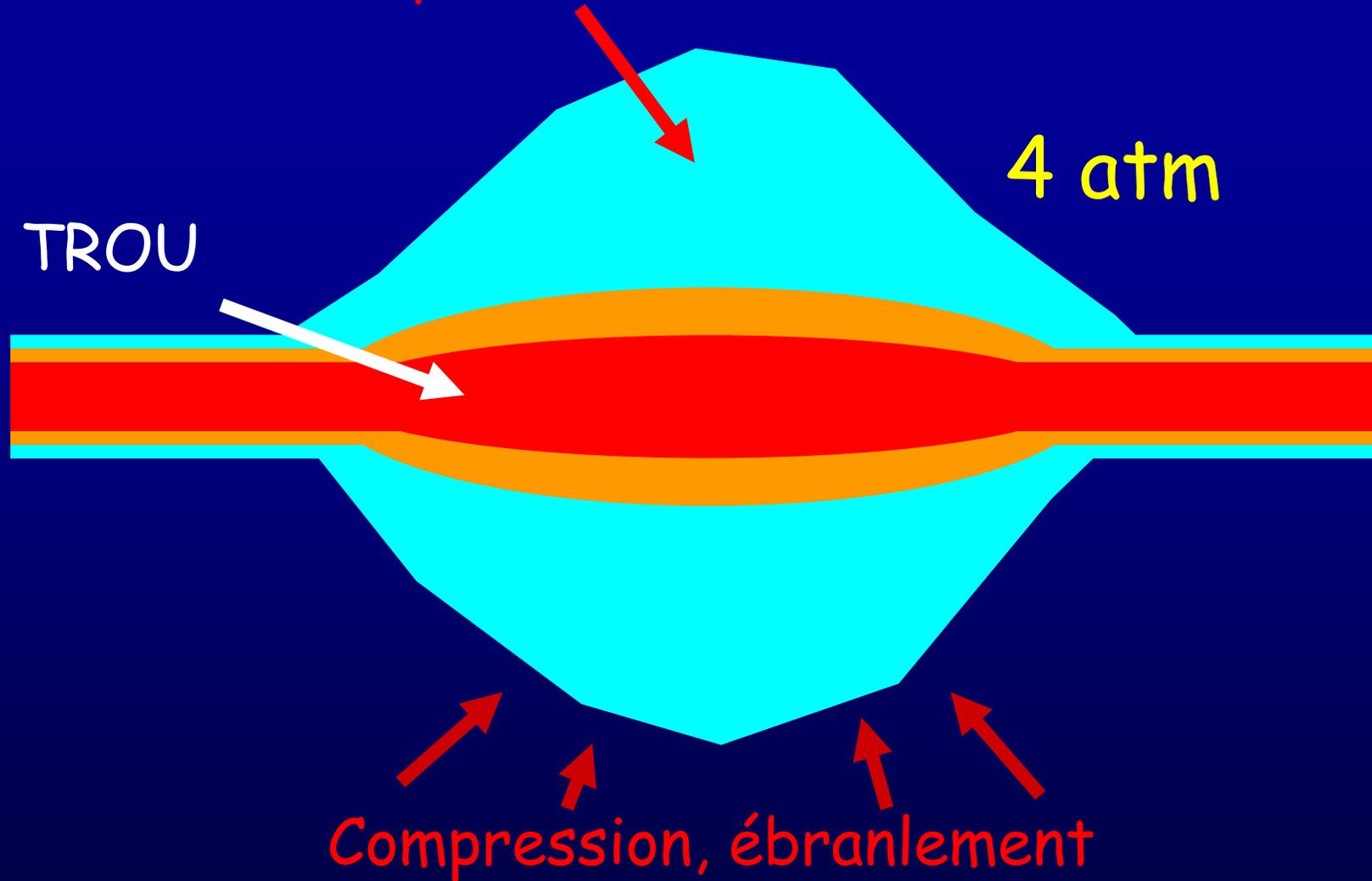
Cavitation temporaire
GÉLATINE

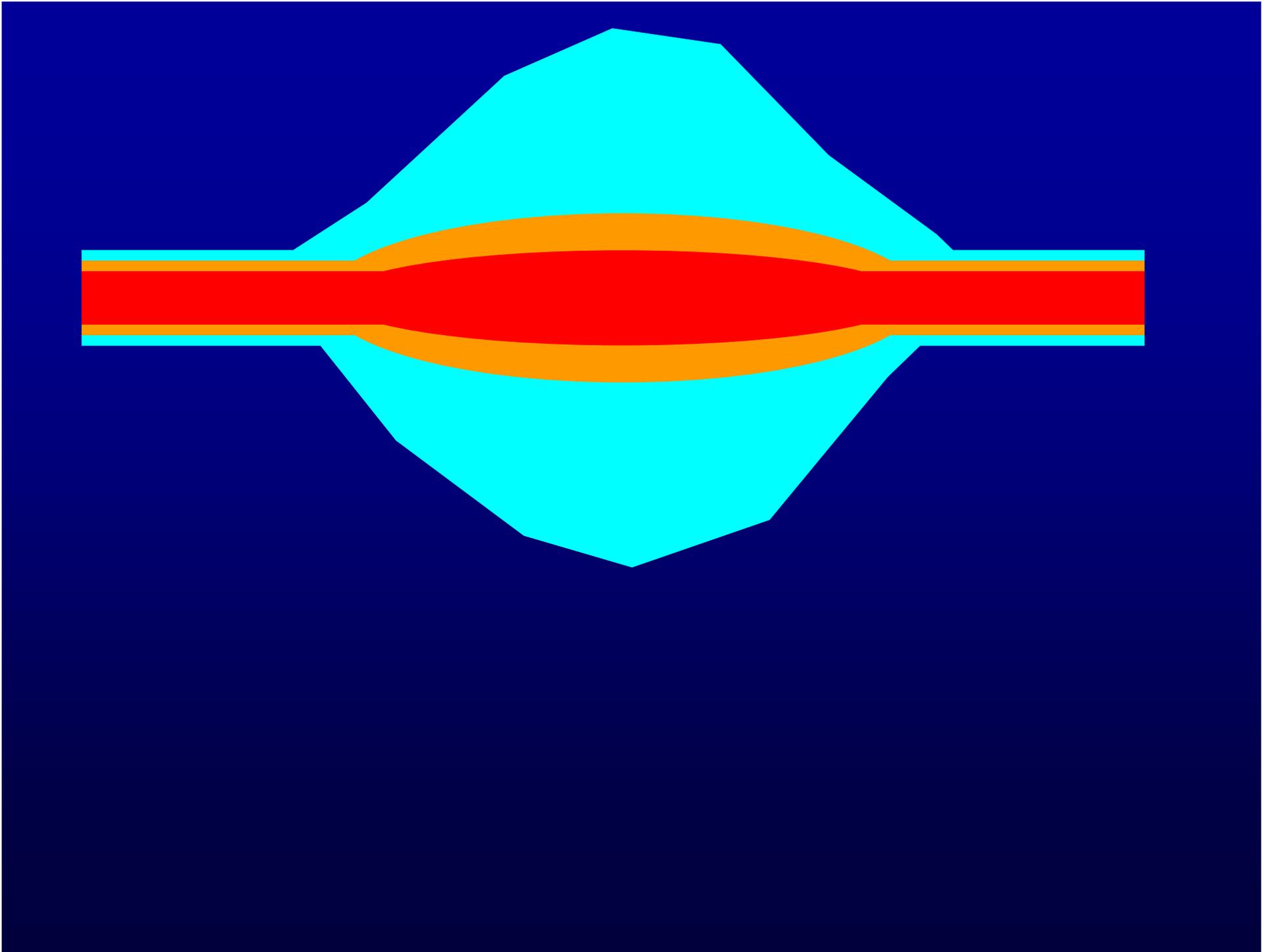


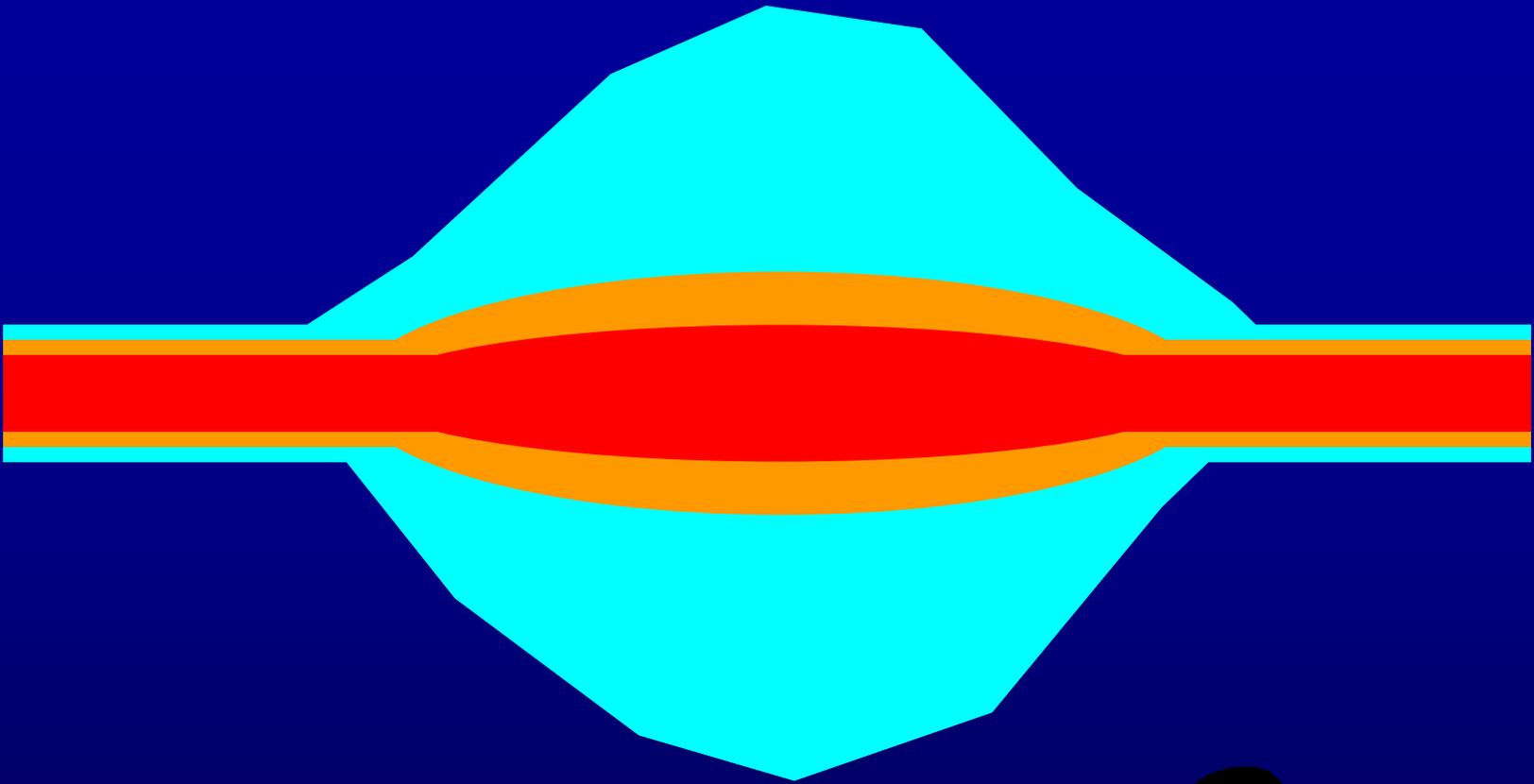
Cavité permanente
Zone de tissus voués à la nécrose

DONC PARAGE ÉCONOMIQUE

Etirement, surpression, déchirures



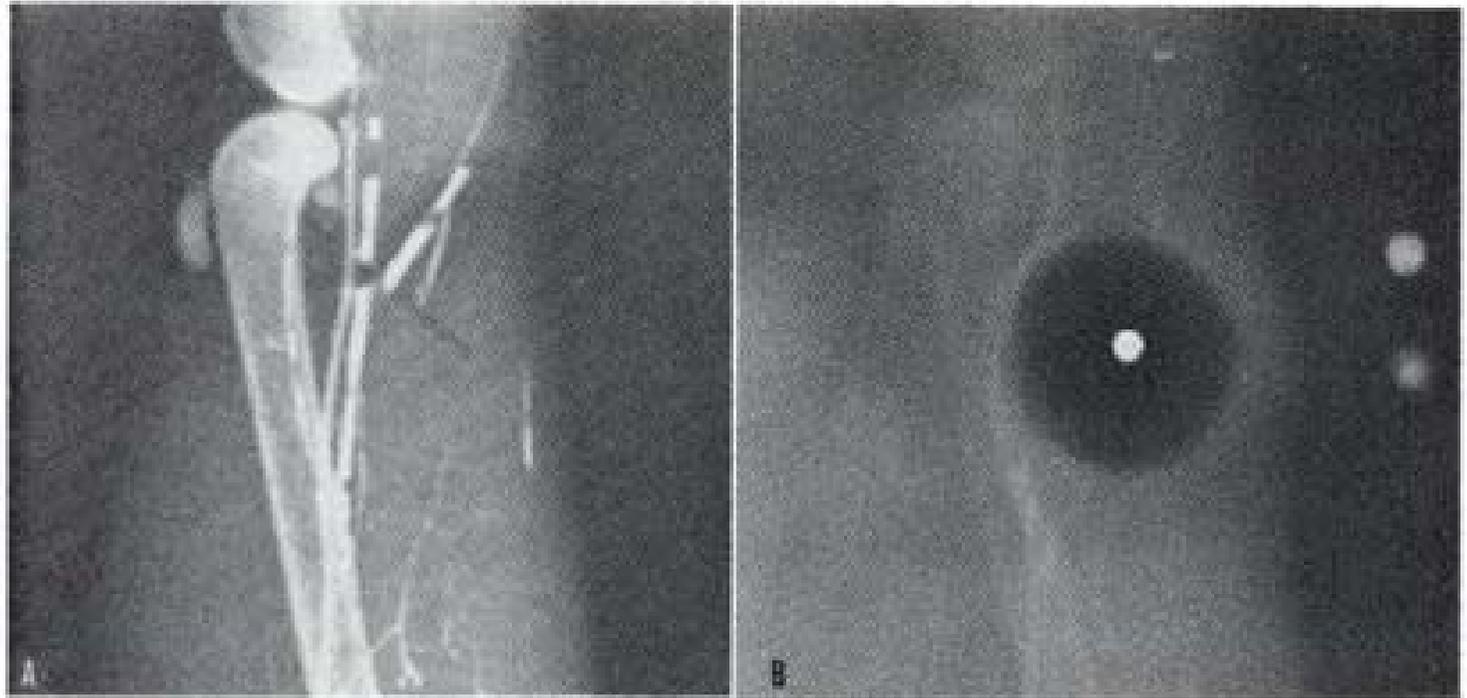




+



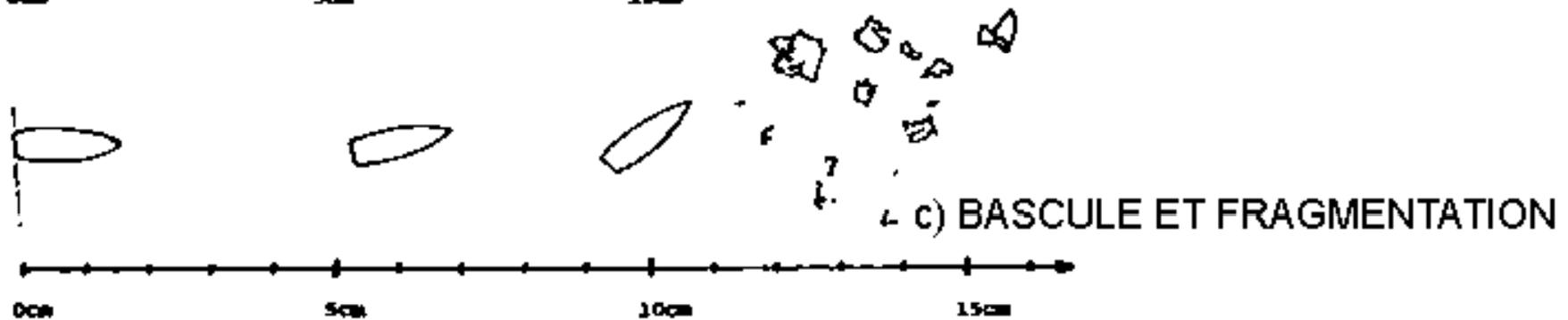
Os



Cuisse de chat
Sphère acier 1mm
1000m/s
Harvey, 1962

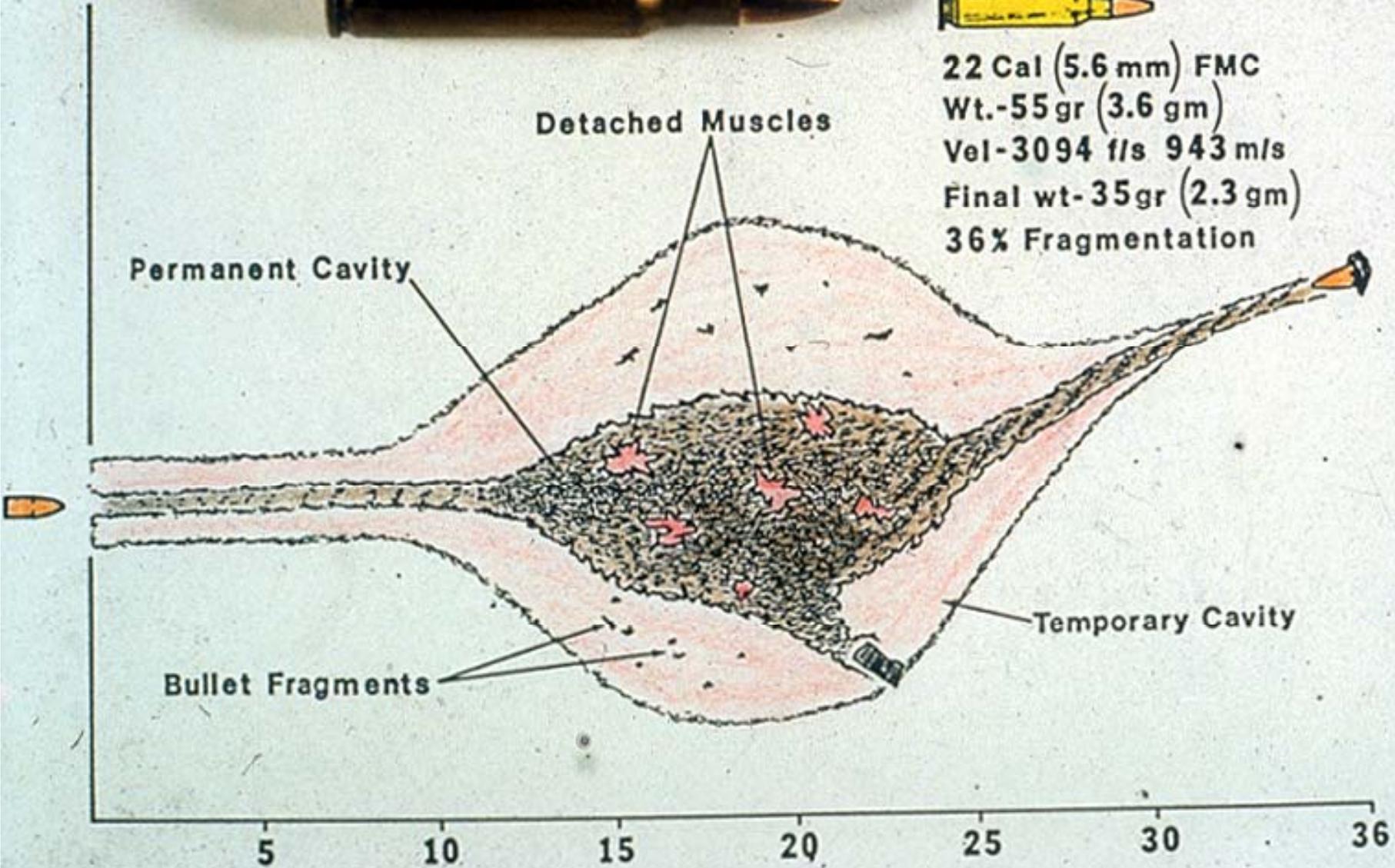


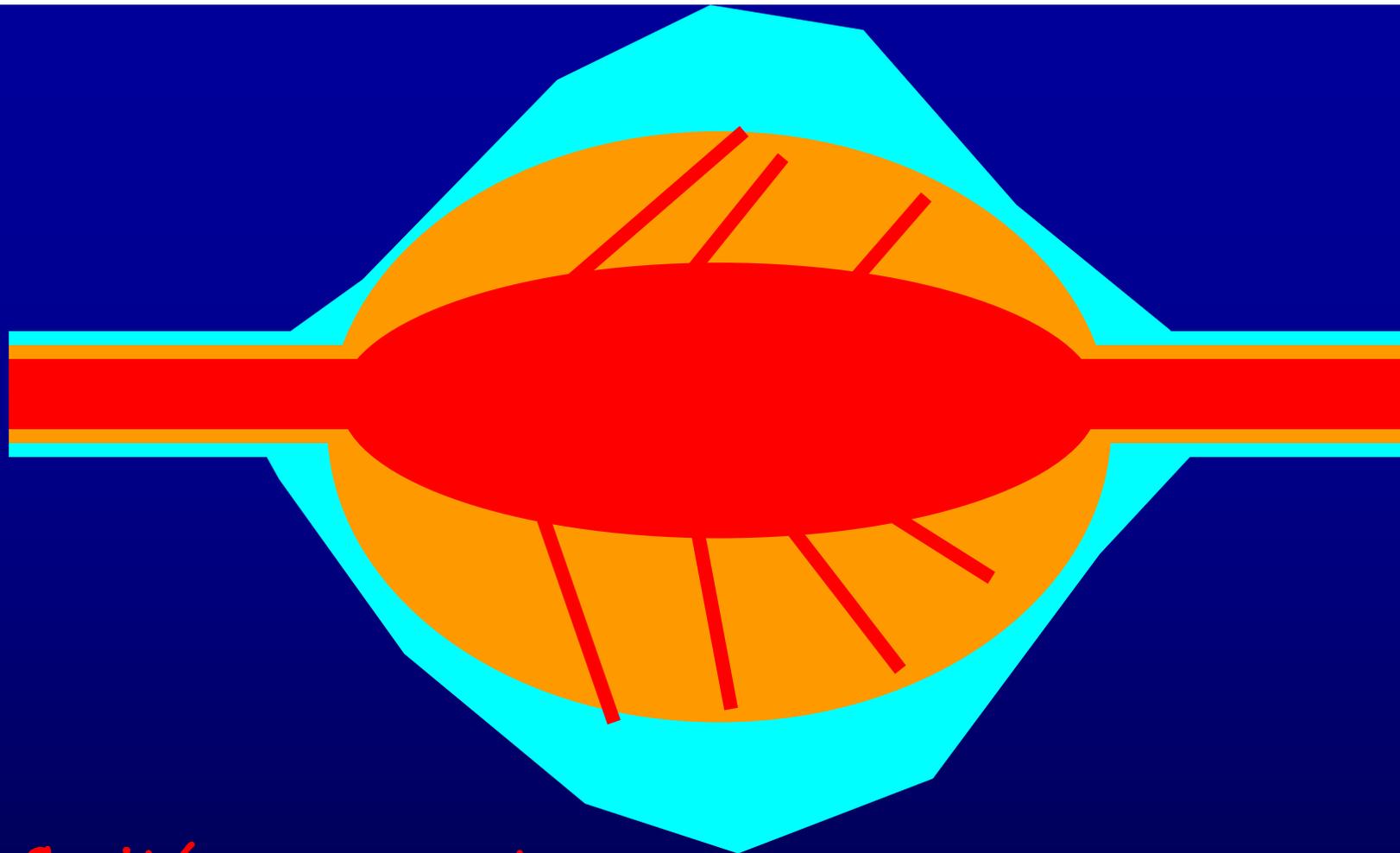
Fragmentation





22 Cal (5.6 mm) FMC
Wt.-55 gr (3.6 gm)
Vel-3094 f/s 943 m/s
Final wt-35gr (2.3 gm)
36% Fragmentation

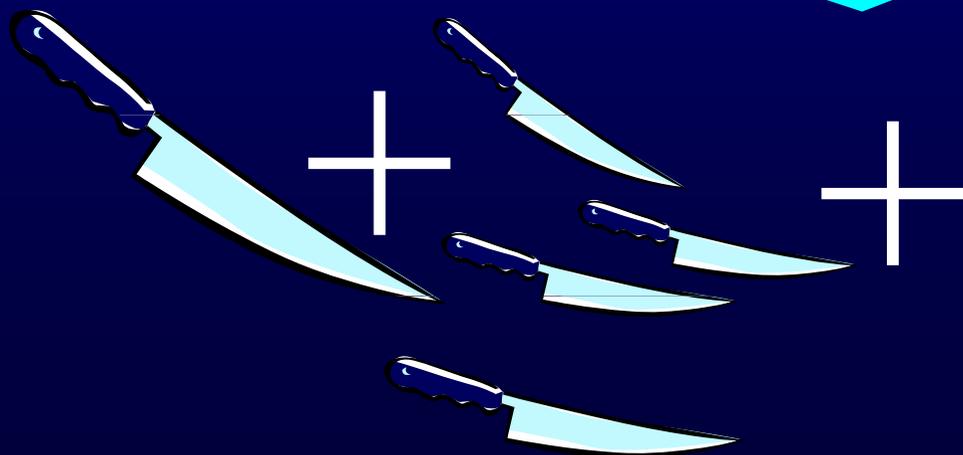
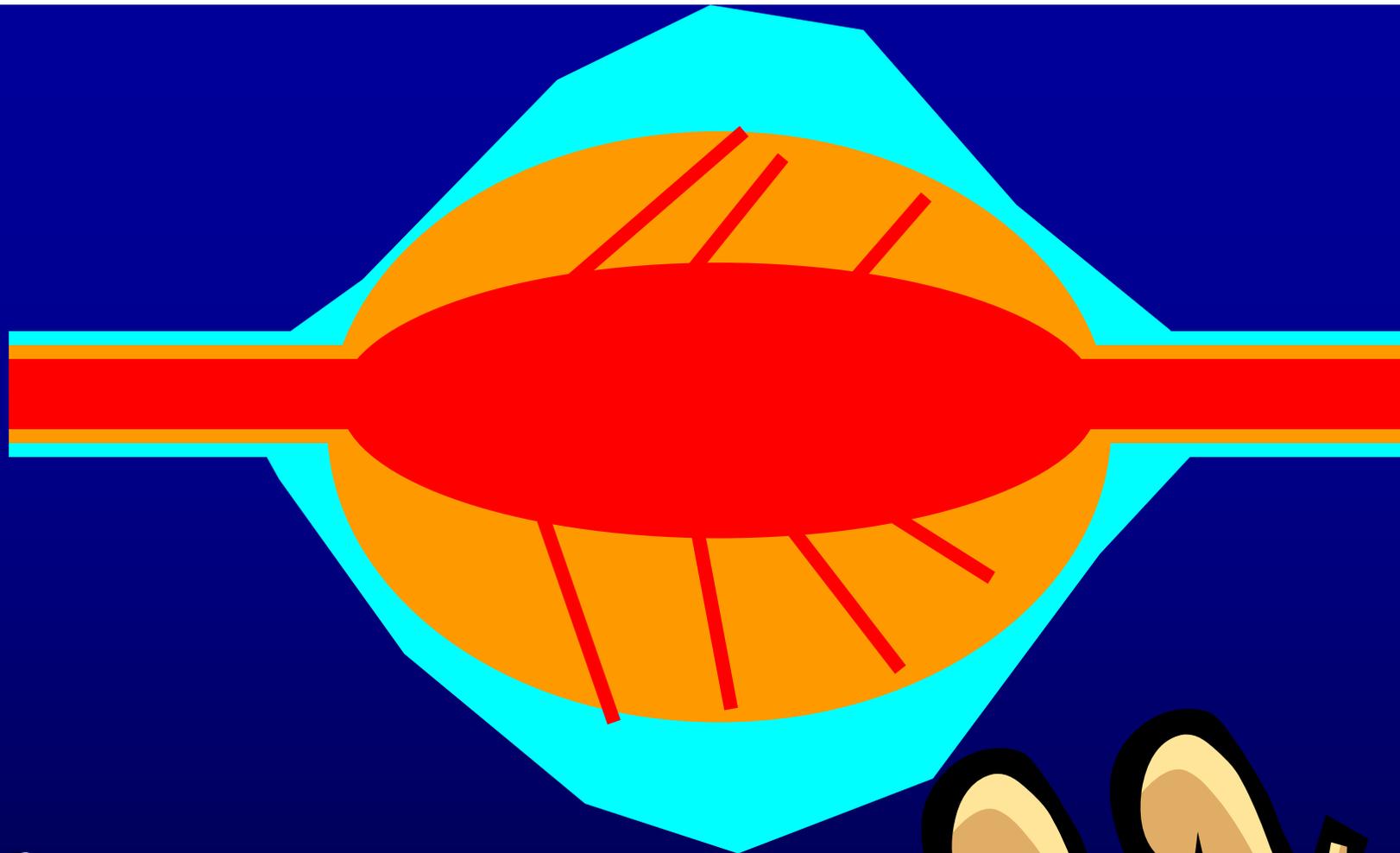




Cavité permanente

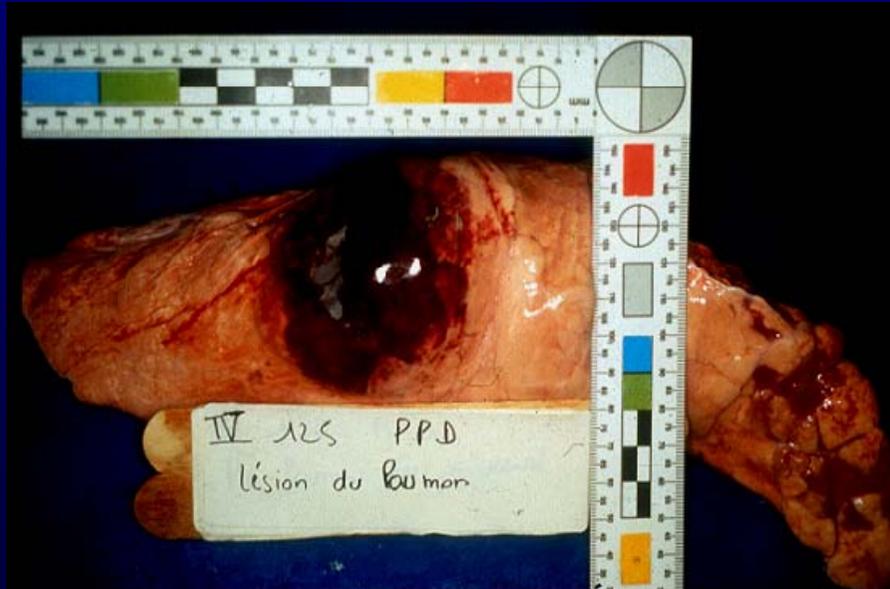
Zone de tissus voués à la nécrose

DONC PARAGE EFFICACE



Armes à effet vulnérant atténué

Flashball



IV 125 PPD
lésion du poignet



FLASH-BALL
NON RÉ-UTILISABLE



Flash Ball
 $d = 3\text{ cm}$ Tür 6
 $W = 111\text{ ms}^{-1}$



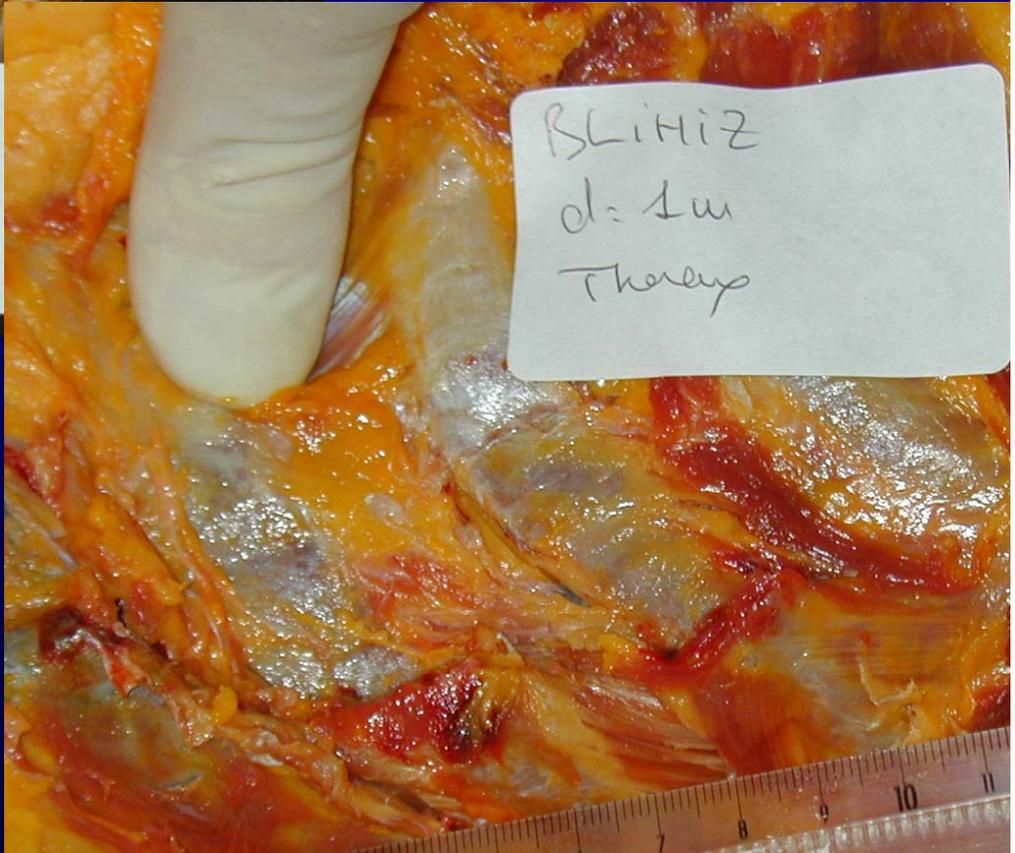
FLASH BALL
 $d = 5\text{ cm}$
 $W = 105,5\text{ ms}^{-1}$

Armes à effet vulnérant atténué



Bliniz Alsetex





Armes à effet vulnérant atténué



FN 303





Intérêt de la recherche en balistique lésionnelle

- Connaître les lésions auxquelles on peut s'attendre en présence d'une plaie
- Mettre en garde les utilisateurs d'armes « non létales » des effets dangereux
- Améliorer les protections balistiques individuelles