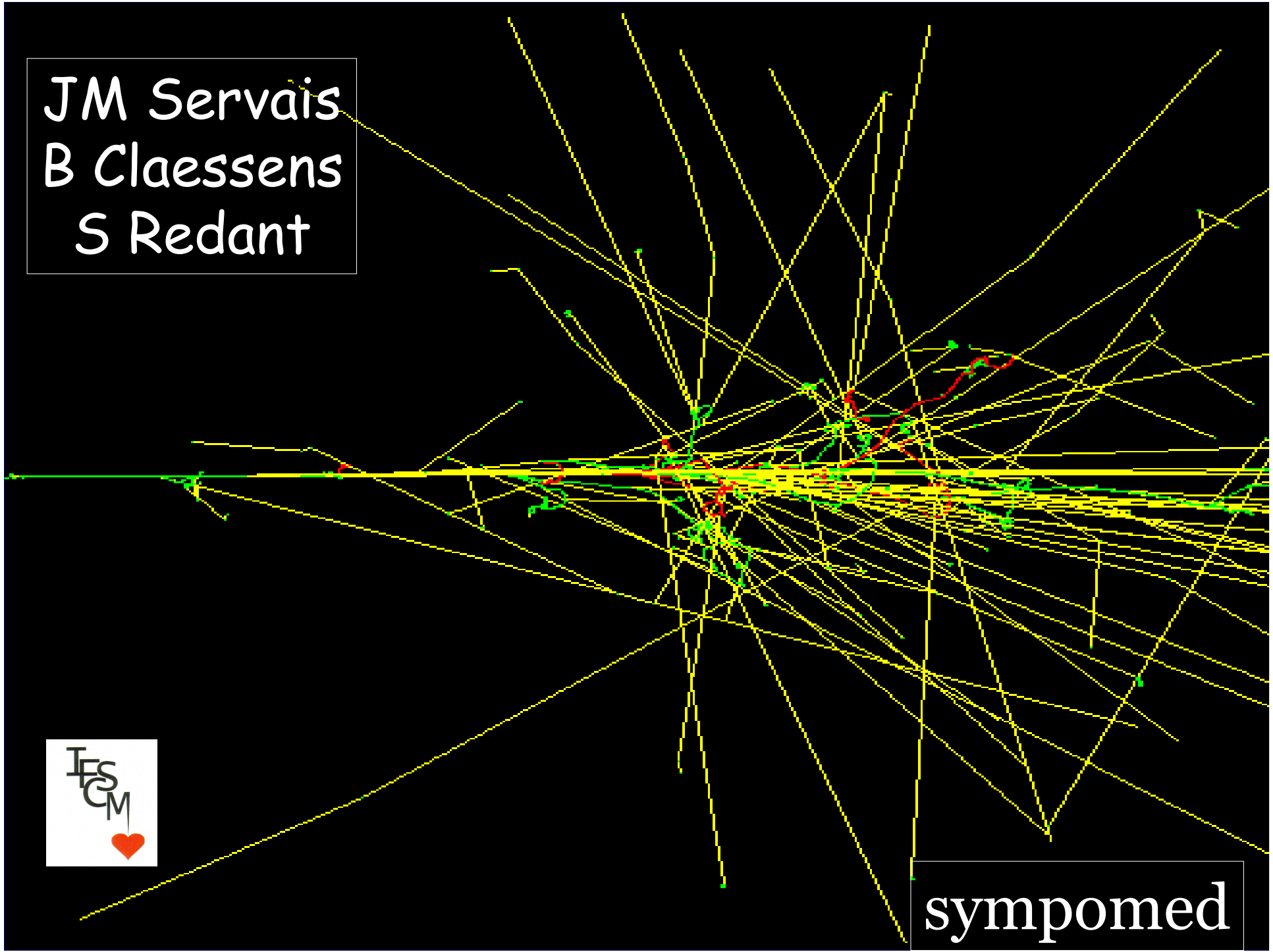
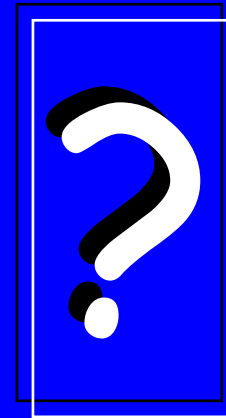
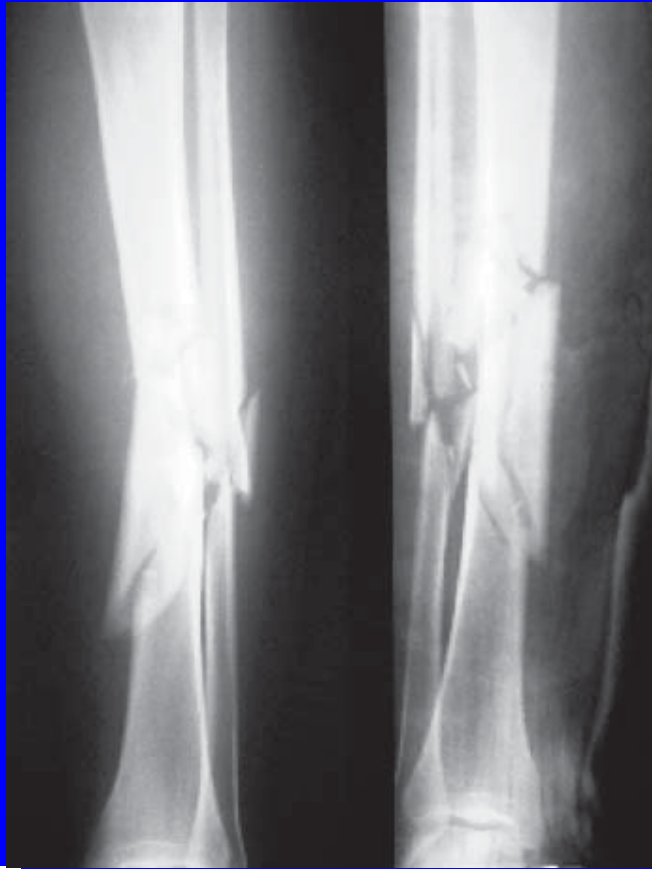
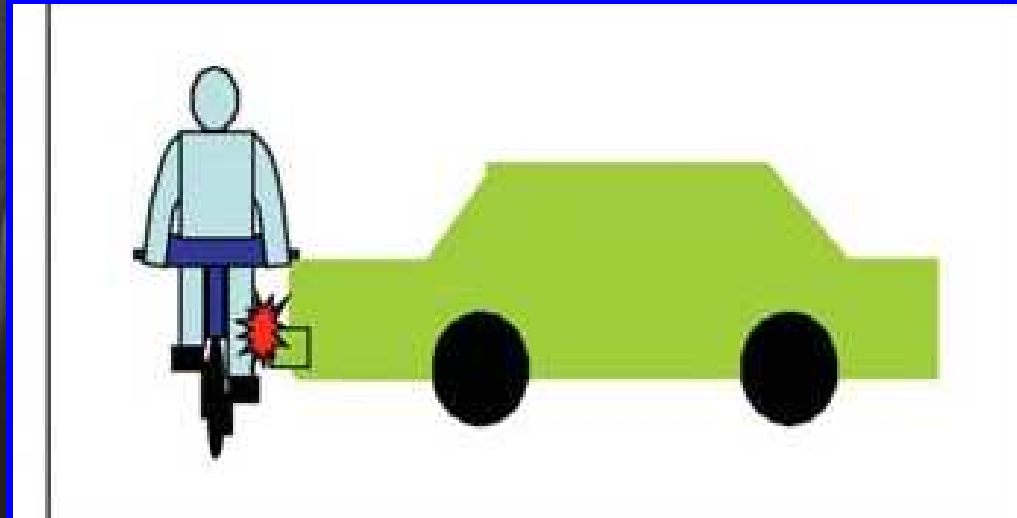
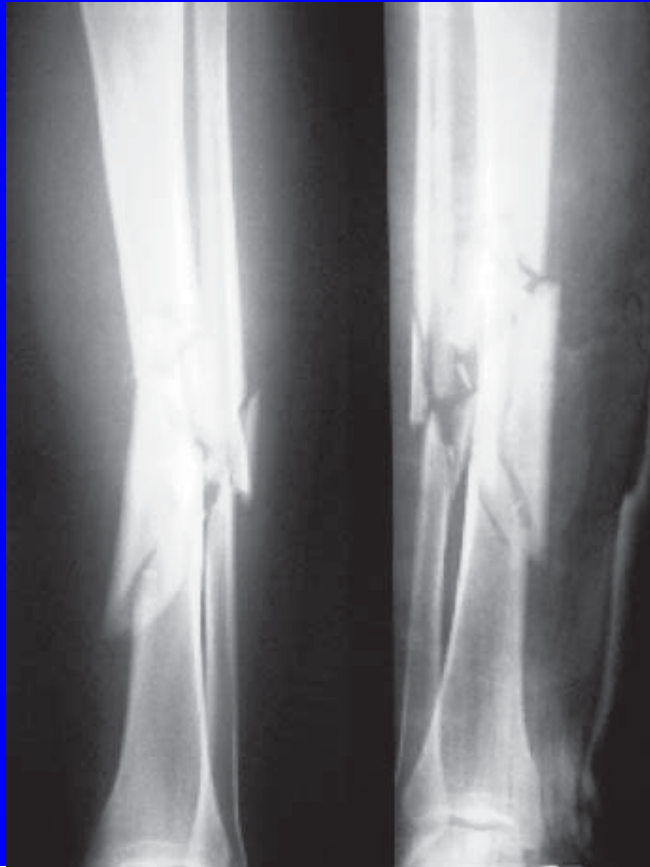


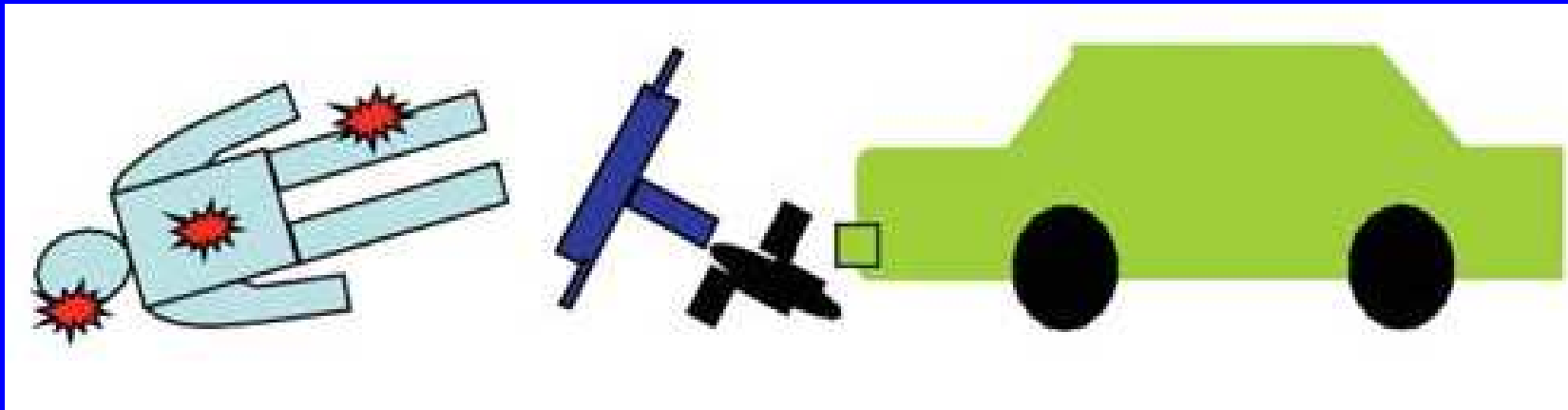
JM Servais
B Claessens
S Redant

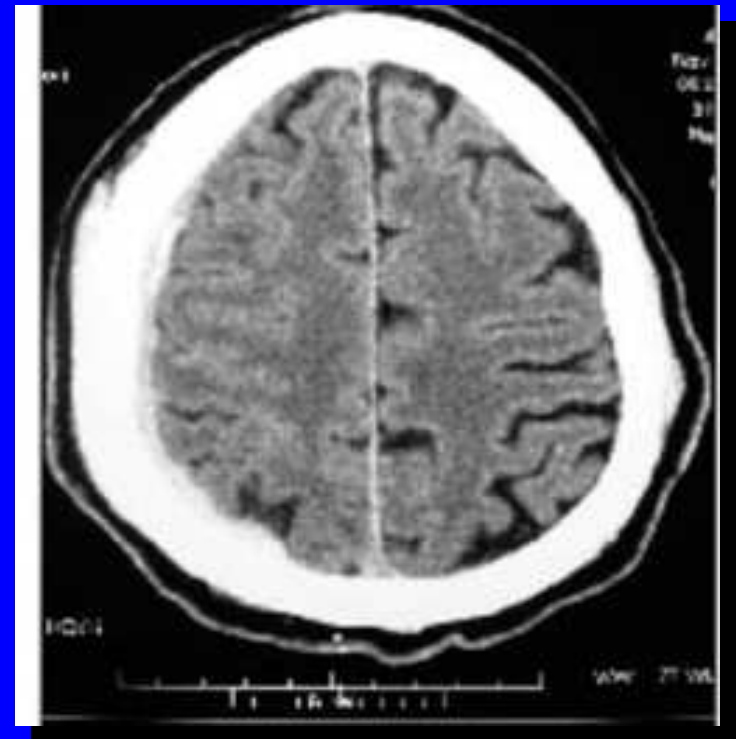
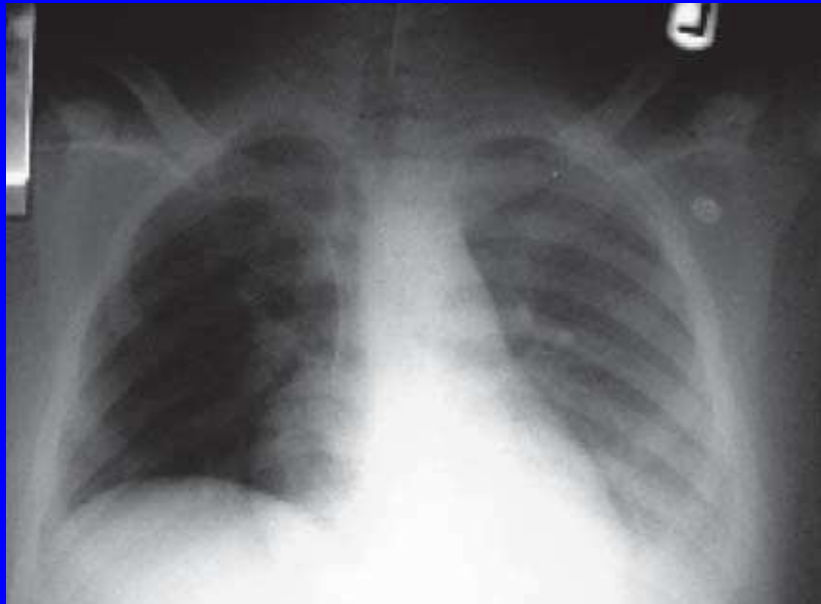


sympomed









Cinétique et cinématique
des accidents

Biomécanique des impacts
Ballistique terminale

Profil lésionnel en fonction
du traumatisme subi



Biomécanique des impacts

- NHTSA
- IRCOBI
- INRETS
- AAAM
-

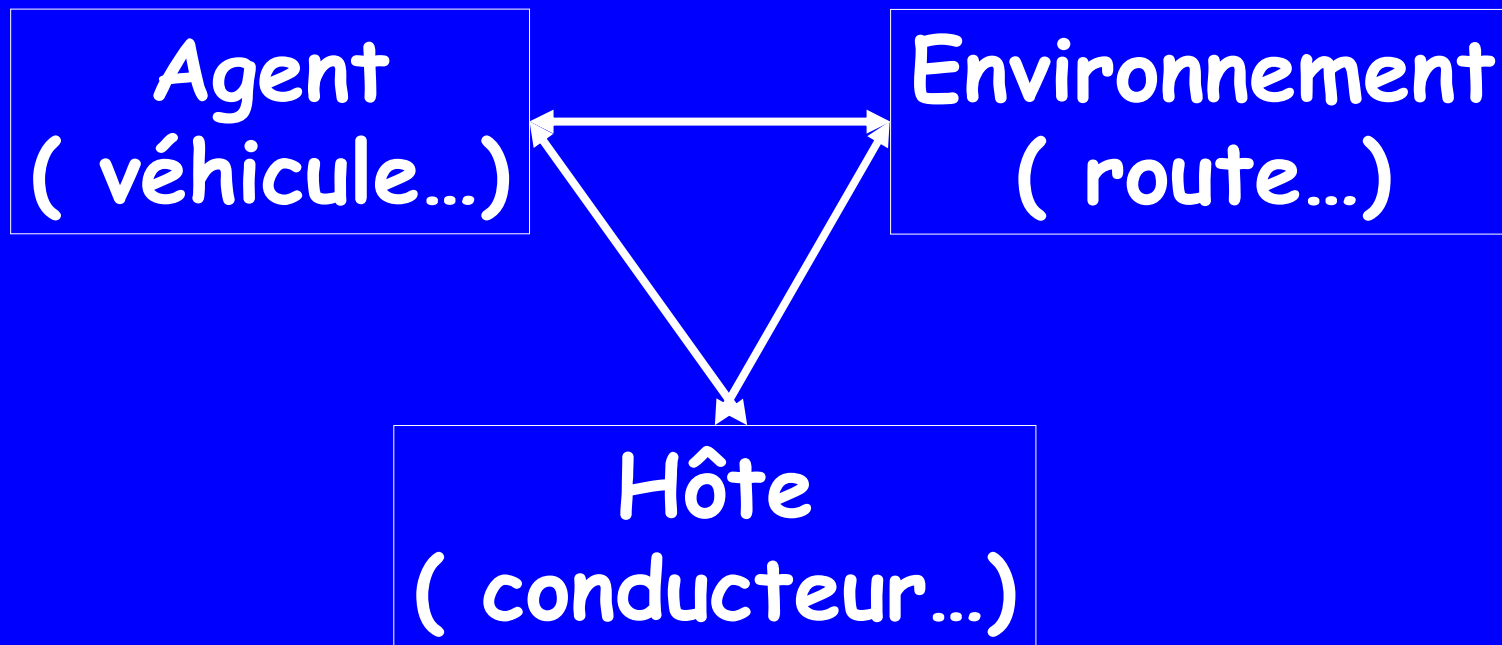


1963

W.HADDON

Énergie: agent des
traumatismes

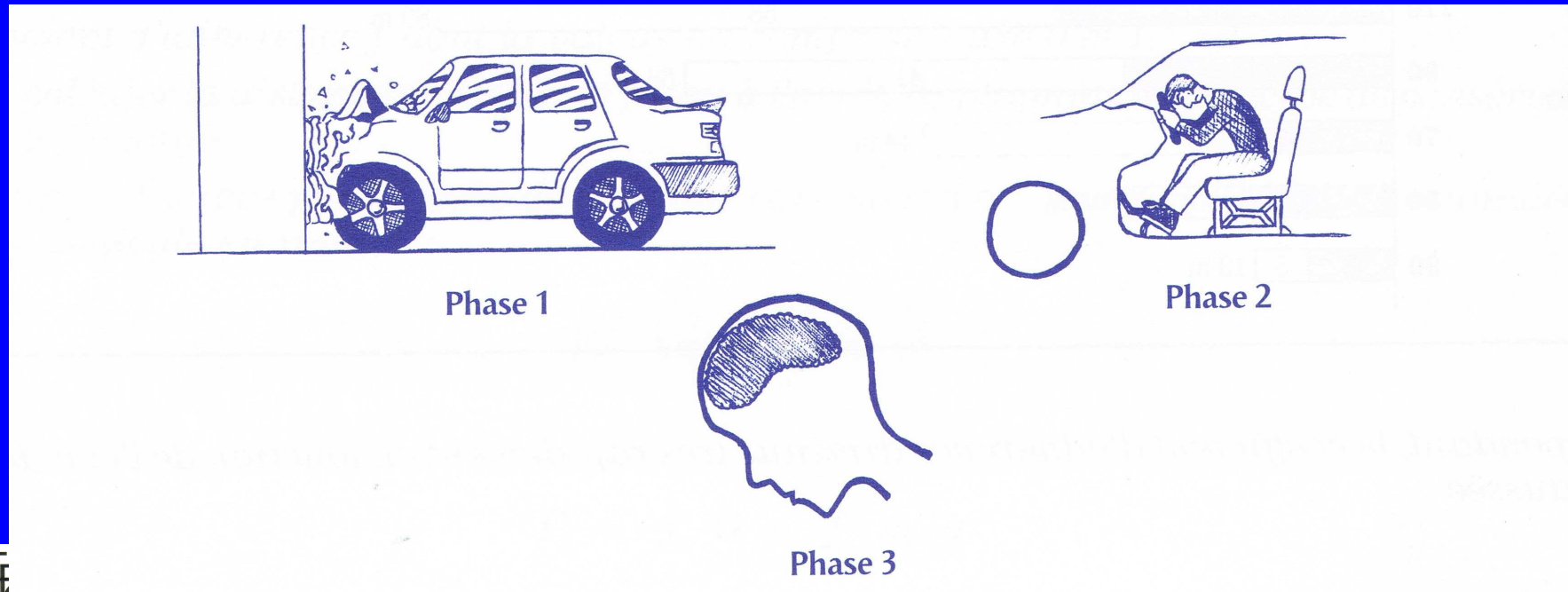
W.Haddon

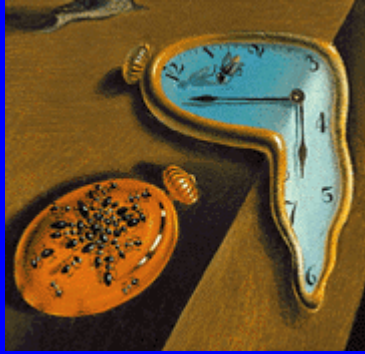


Crash test



3 collisions :
véhicule / obstacle
passager / véhicule
organes / passager





Utilité :

- DESCRIPTION ACCIDENT
 - mécanismes, typologies, atténuations...
- INTERPRETATION INFORMATION
- → PREDICTION de > 90% des lésions
(avant tout examen clinique)



CRASH

ECHANGE d'ENERGIE:

- Objet en mouvement \Leftrightarrow Tissus victime
- Victime en mouvement \Leftrightarrow Objet \pm immobile

- *Accident de roulage (véhicule{s})*
- *Accident de roulage (piéton)*
- *Chute, défenestration,...*
- *Plaies (balle, explosion, arme blanche...)*



Post-crash

- Début : dès que l'énergie du crash est absorbée et que le patient est traumatisé.
- *Les informations (crash et pré-crash) sont utilisées par le médecin SMUR pour stabiliser le patient (post-crash).*
- Le déclenchement du traumatisme vital peut être rapide ou lent et dépend de l'action entreprise par le médecin.



Lois de l'énergie et du mouvement

Première Loi de Newton: inertie

Un corps au repos reste au repos
un corps en mouvement reste en mouvement,
... sauf s'il subit une force extérieure.



Lois de l'énergie et du mouvement

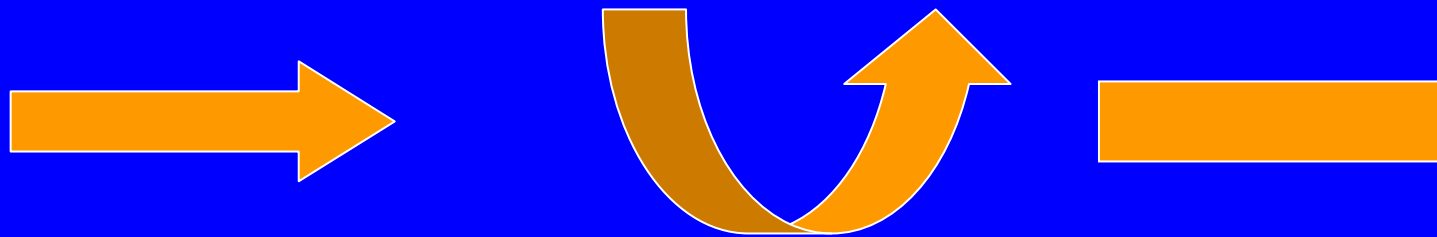
$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Energie cinétique (Joules) = $\frac{1}{2}$ x masse (Kg) x vitesse² (m.s⁻¹)



Lois de l'énergie et du mouvement

Deuxième Loi : conservation de l'énergie



Objet en mouvement
 $E \neq 0$

Objet à l'arrêt
 $E = 0$

Transformation de E



Échange de l'énergie

- La « densité d'énergie » échangée pendant un impact dépend de la quantité de particules de tissu touchées.
 - Plus les tissus seront épais, plus il y aura de particules frappées par un objet en mouvement.
- Exemple : poing - oreiller / mur

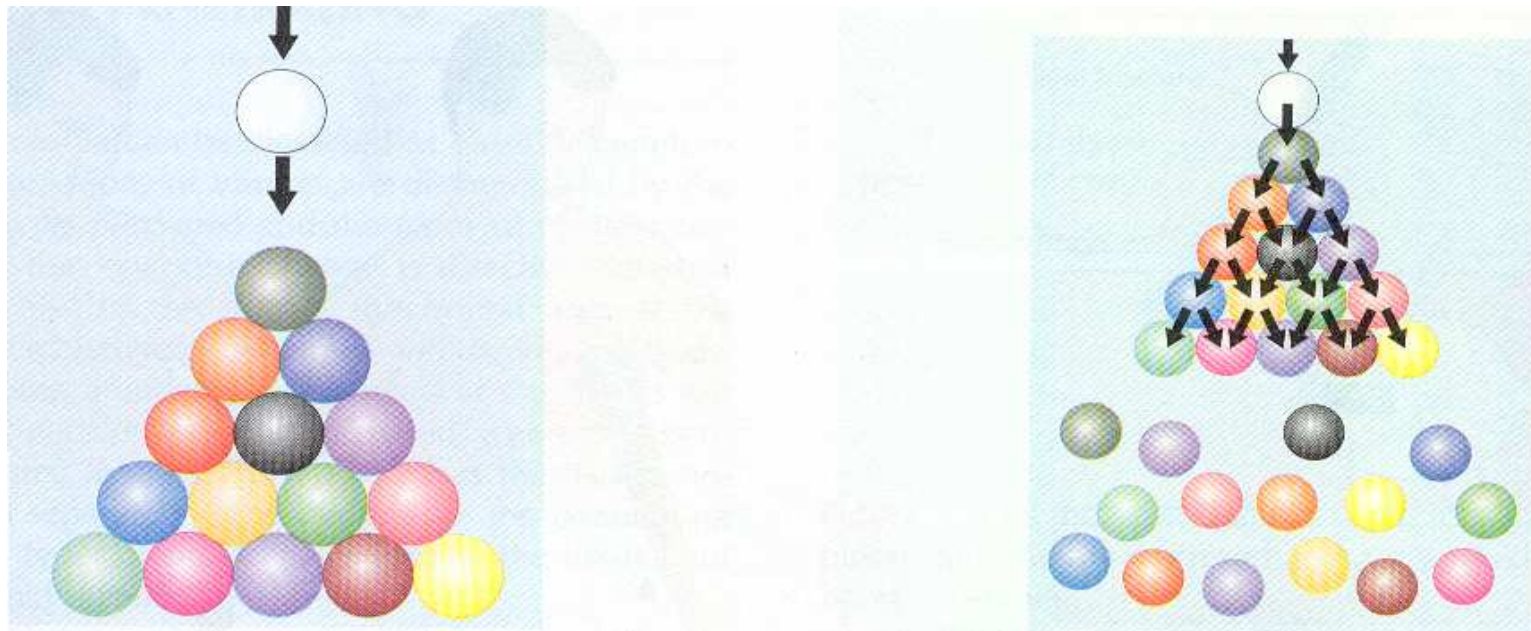


Plus la densité des tissus sera élevée et leur élasticité faible, plus le transfert d'énergie sera important

- structures osseuses
 - les plus denses de l'organisme
 - haut transfert d'énergie avec pour conséquence la possibilité de fracas complexes.
- organes à haute teneur en eau,
 - denses et peu élastiques, (organes pleins)
 - siège de lésion à type d'éclatement et de broiement.
- organes à haute teneur en air
 - peu denses et élastiques (creux...)
 - plus résistants aux traumatismes balistiques
 - faible transfert d'énergie (si pas fragmentation du projectile)



Collisions et particules...



La cavitation

Deux formes de « cavités » peuvent être créées :

1° une cavité temporaire formée durant l'impact.
Les tissus retrouvent leur position initiale
→ Piège !

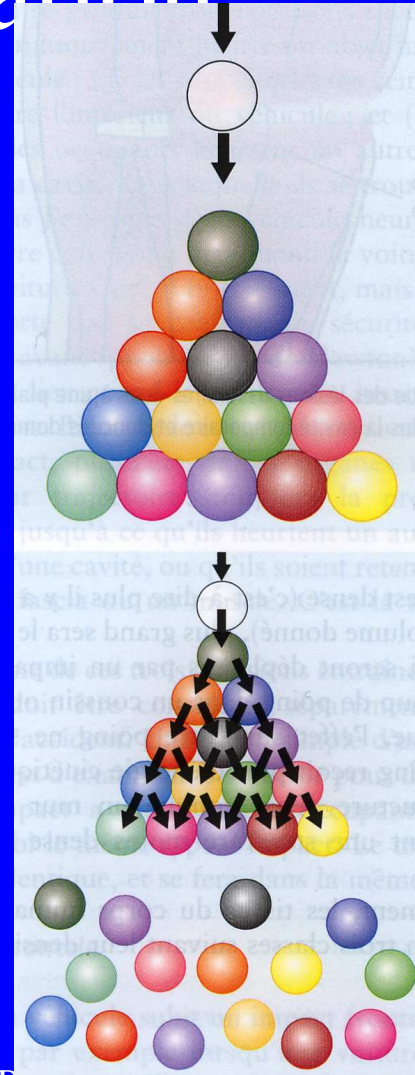
2° une cavité permanente provoquée par:
la compression
le déchirement des tissus.



La cavitation

*L'énergie d'une
boule de billard est
transférée à toutes
les autres boules*

*Le transfert
d'énergie disperse
les boules, créant un
vide*



La cavitation

- Idem quand un objet heurte le corps d'une victime ou si elle est projetée contre un objet immobile
- Les tissus du corps sont repoussés hors de leur position habituelle laissant un vide



2 types de cavités

1. Cavité temporaire (étirement)
2. Cavité permanente (déchirement, écrasement)

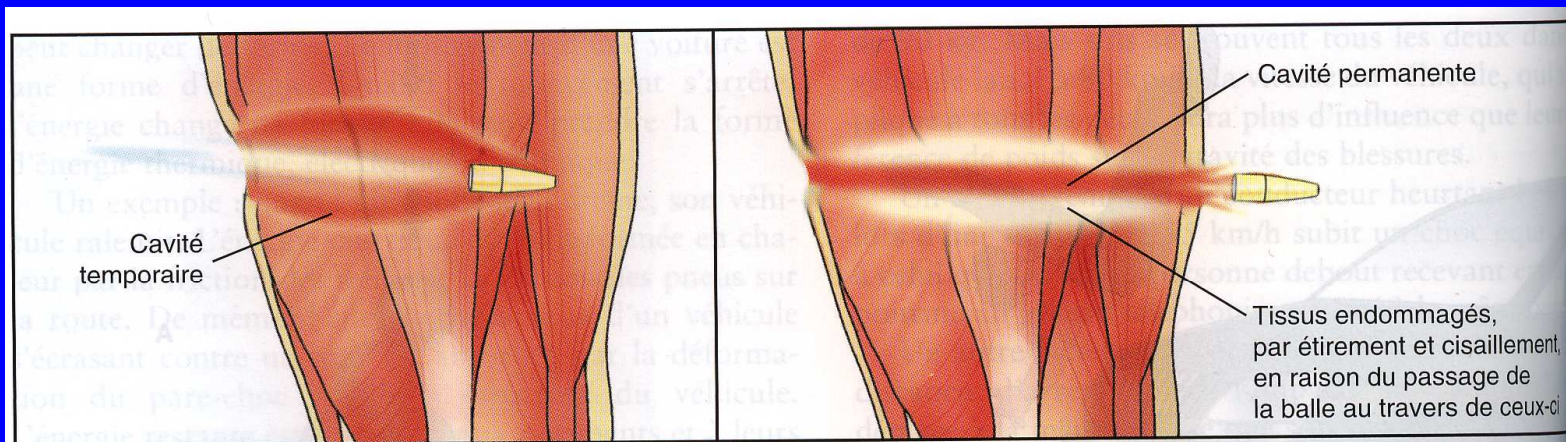
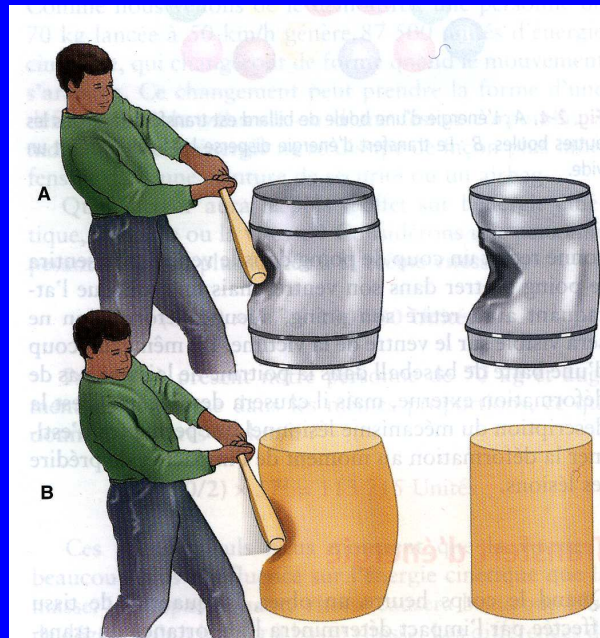
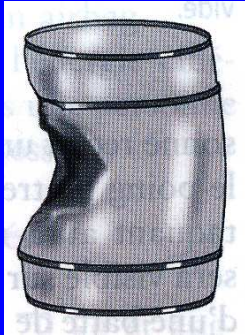


Fig. 2-5. L'étendue des lésions tissulaires dues à une plaie par balle est plus importante que le trou laissé par la balle. Plus la balle va vite ou plus elle est lourde, plus la cavité temporaire et donc les dommages tissulaires seront importants.

2 types de cavités

La différence de taille entre les deux cavités dépend de l'élasticité des tissus





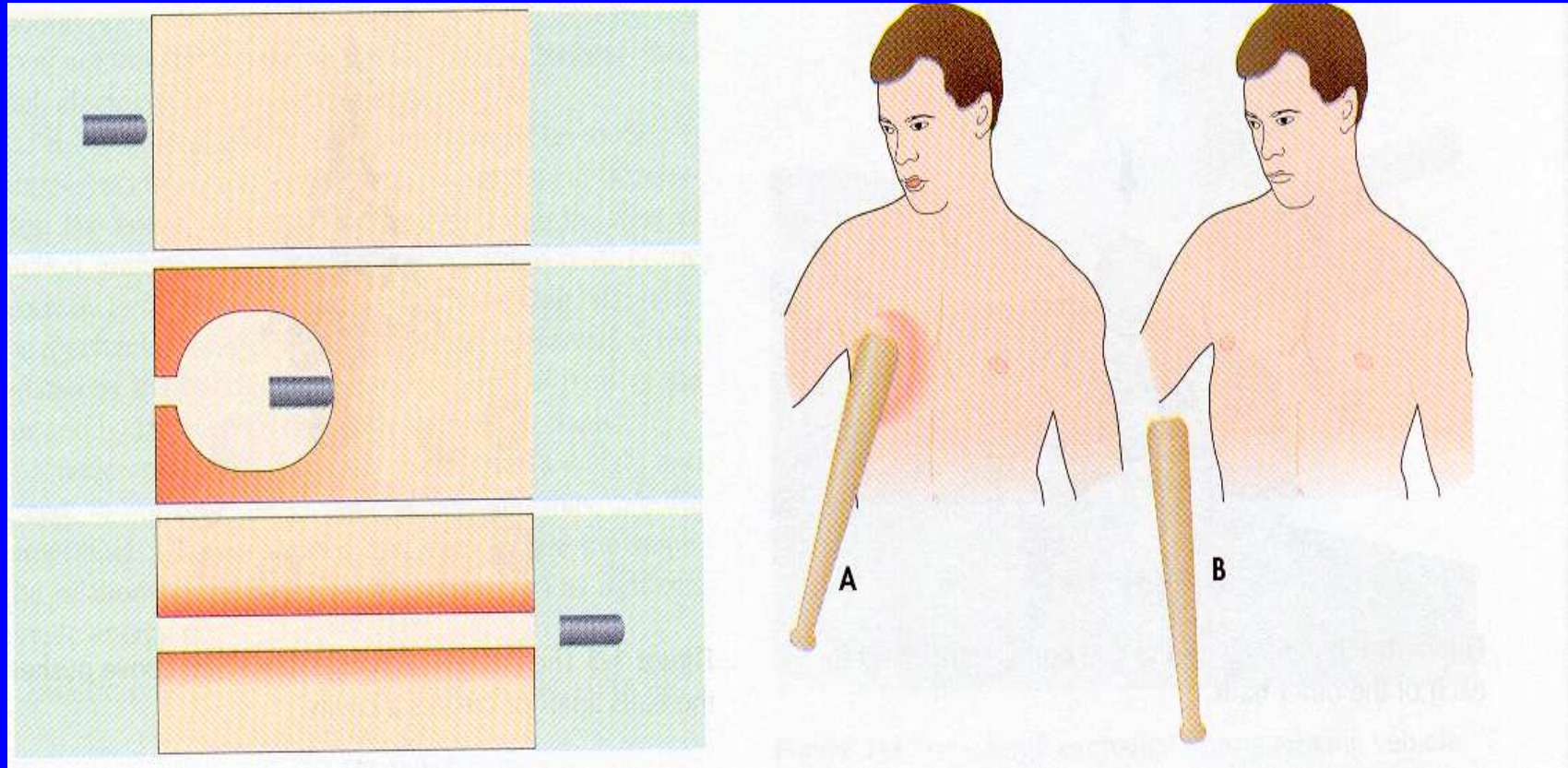
C'est la description du mécanisme lésionnel qui permettra d'estimer la déformation au moment de l'impact et de prédire les lésions

Blunt Trauma (contusion) vs Trauma pénétrant

- Blunt trauma :
 - écrasement,
 - ralentissement ou accélération.
- Trauma pénétrant :
 - écrasement des tissus et
 - leur séparation le long de la voie d'entrée de l'objet pénétrant.



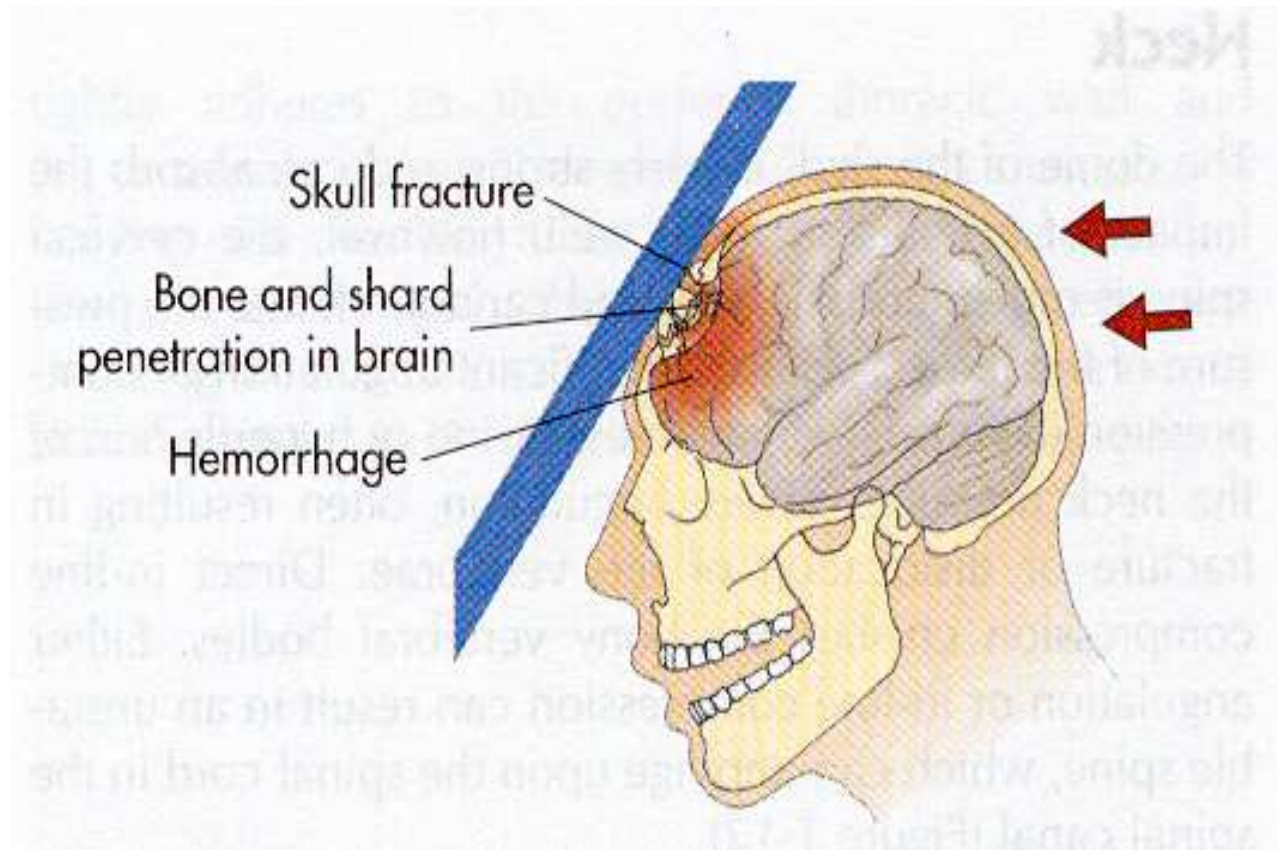
Tr. Pénétrant vs Blunt Tr.



Blunt : la tête



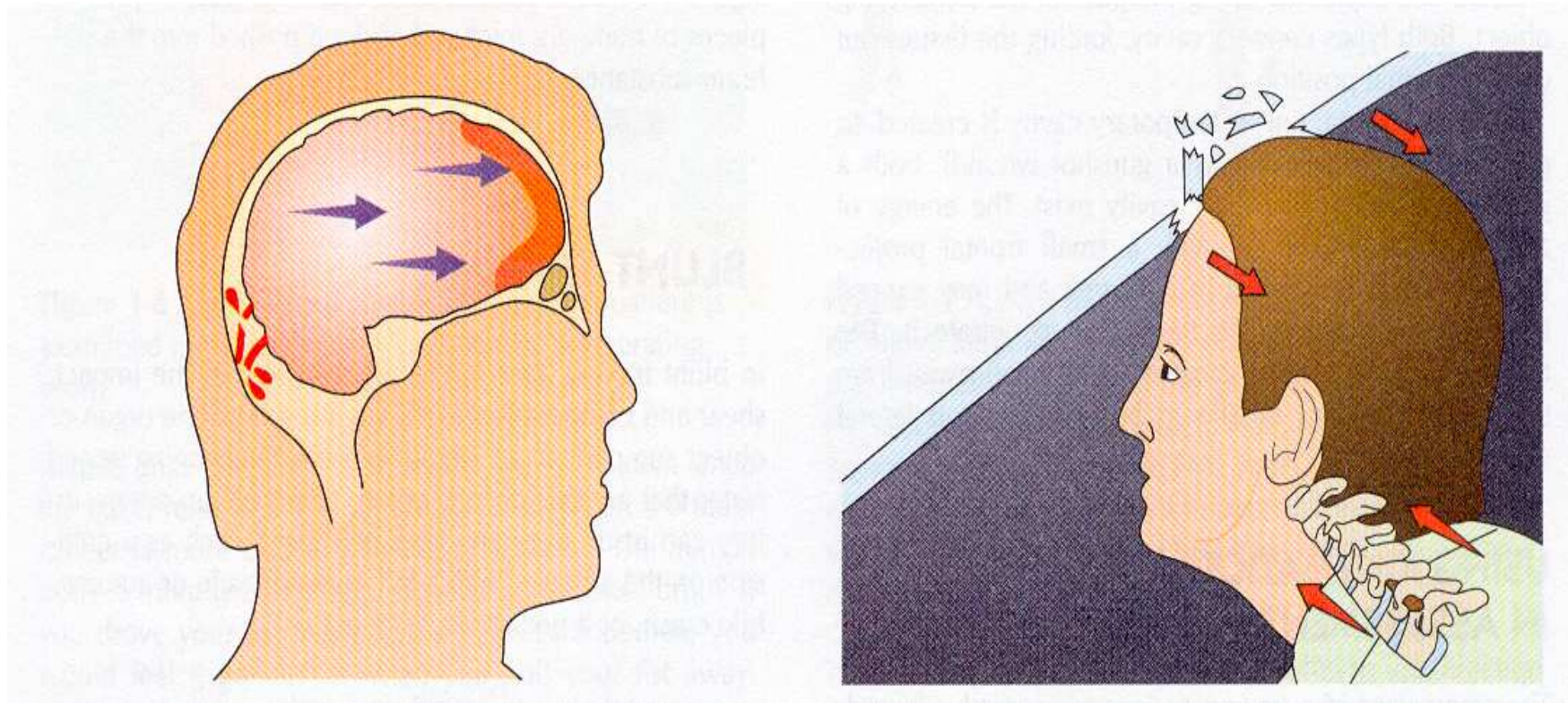
Blunt trauma - tête



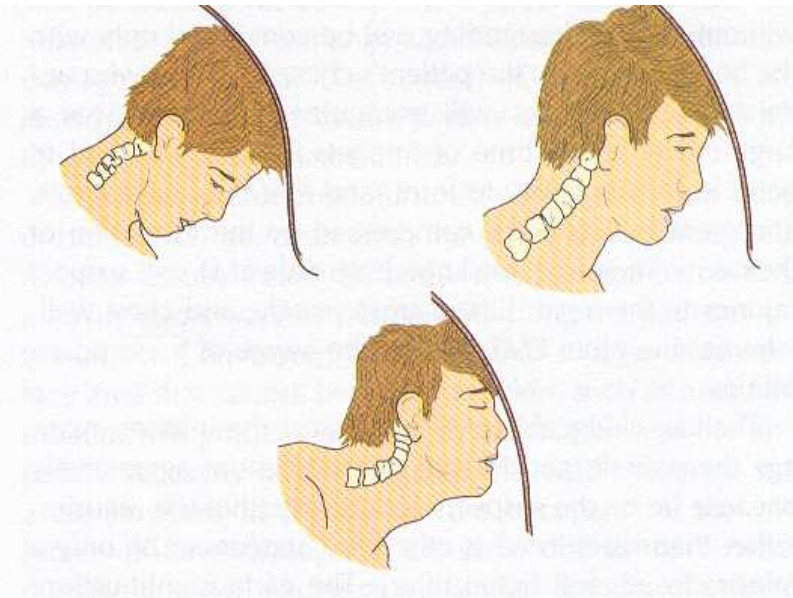
Blunt trauma - tête

- Boîte crânienne peut être
 - compressée,
 - fracturée poussant des fragments dans le cerveau.
- Cerveau continue à se mouvoir vers l'avant:
 - commotion,
 - contusion
 - lacération.
- Vaisseaux peuvent être déchirés provoquant
 - une hémorragie épidurale, sous-durale ou archnoïdienne.

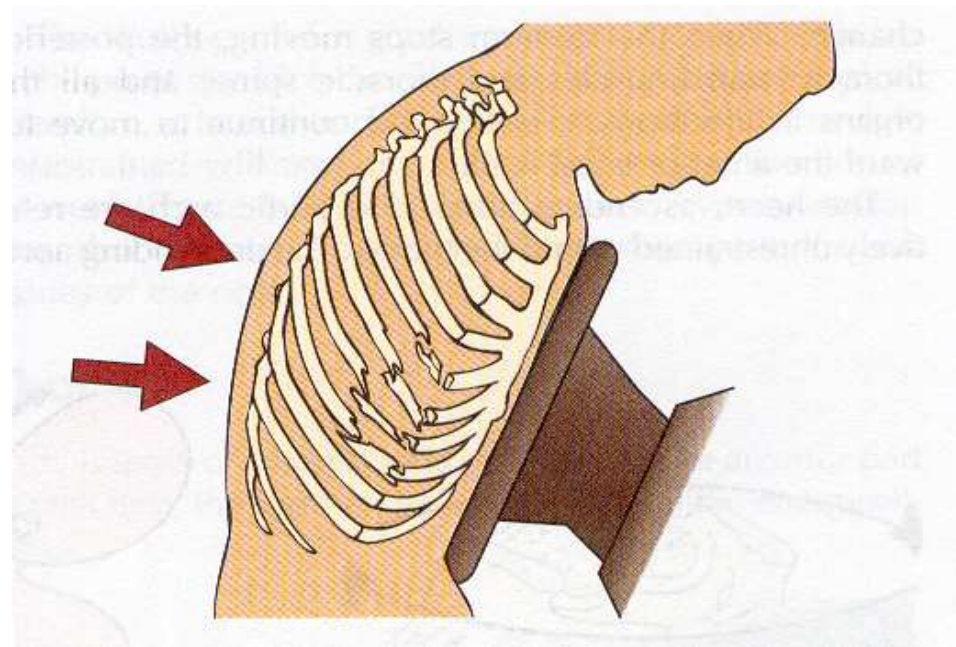




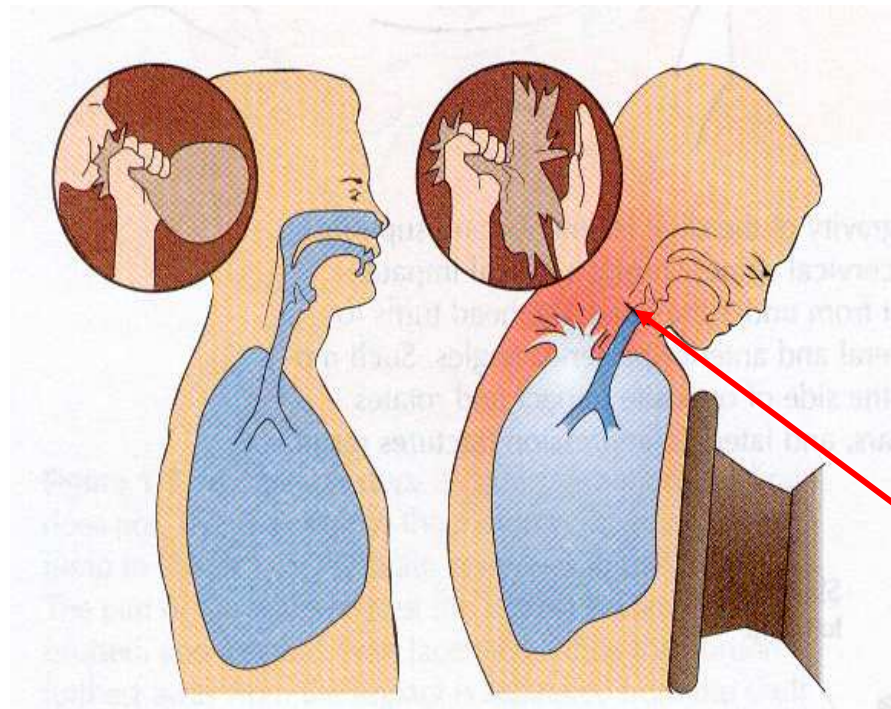
Blunt trauma - nuque



Blunt trauma - thorax



Blunt trauma - thorax

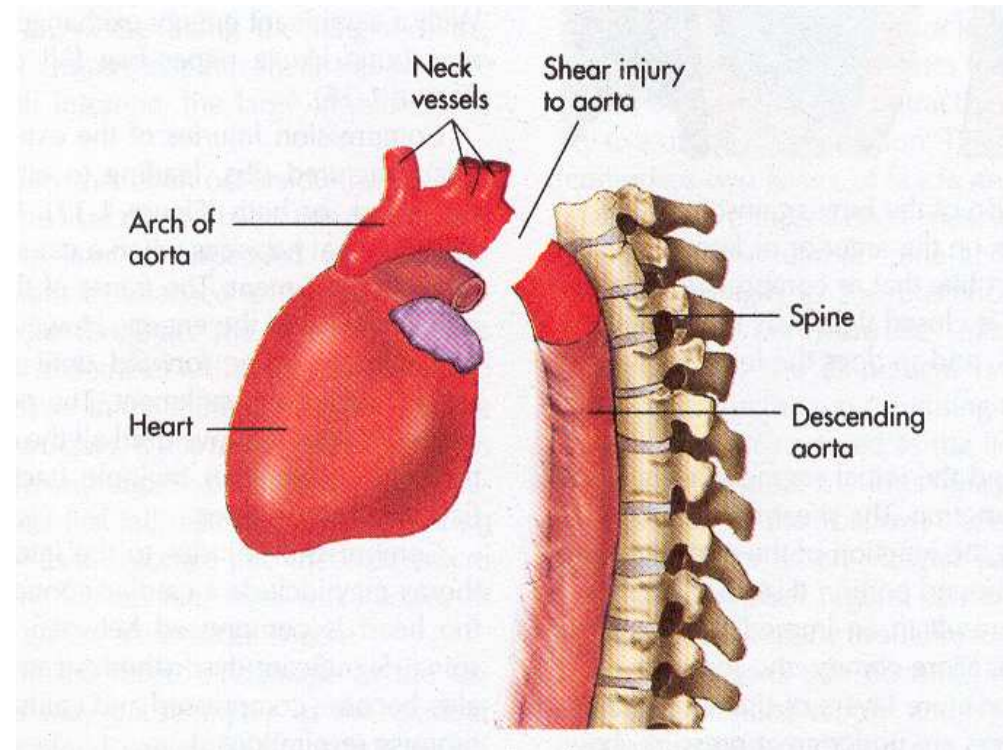


Phénomène « sac de papier »
(paper bag)

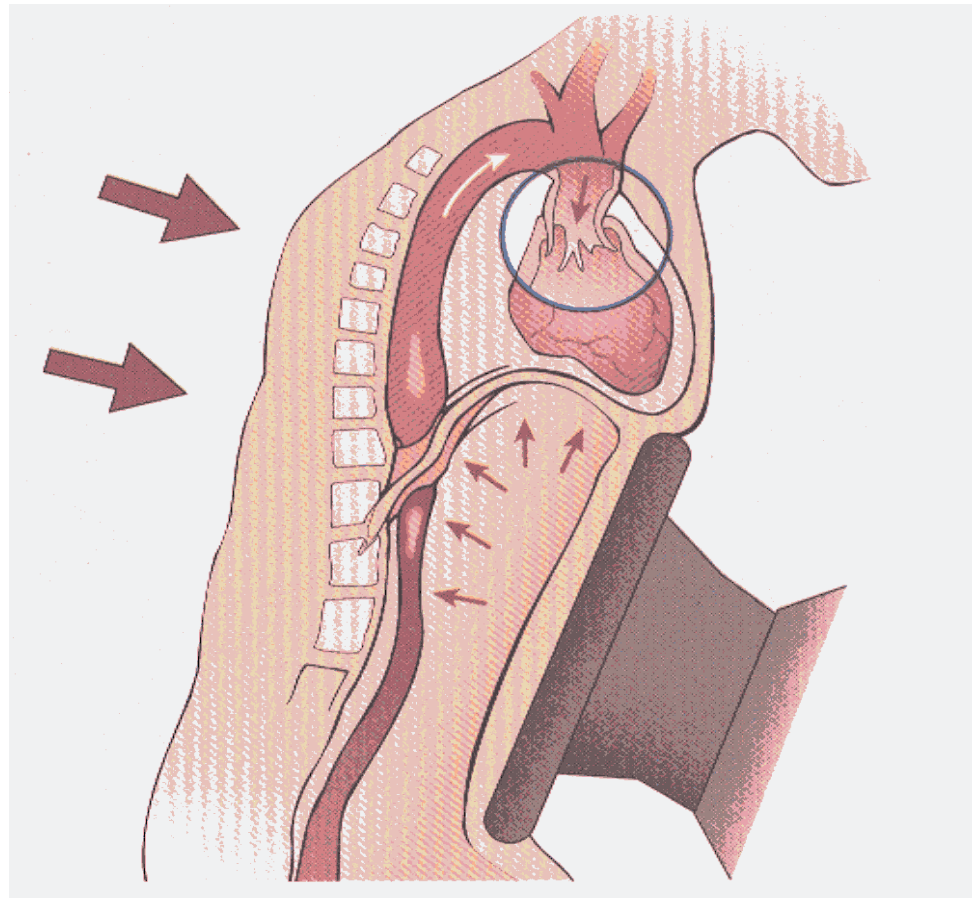
À glotte fermée

Blunt trauma - thorax

cisaillement



Blunt trauma - abdomen

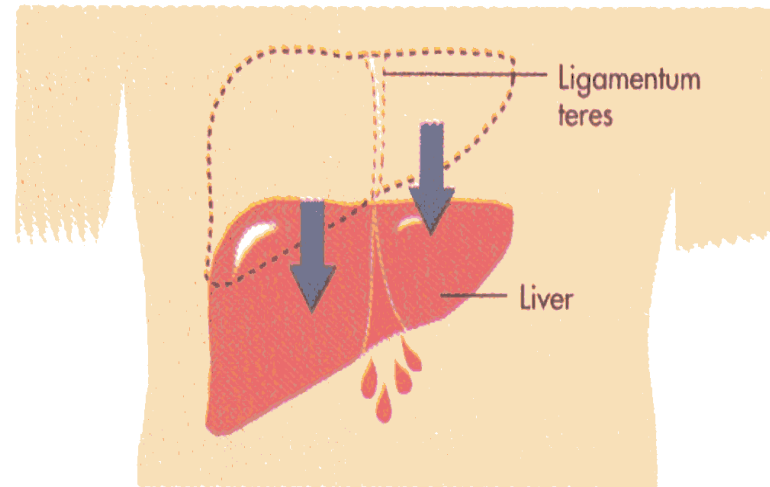
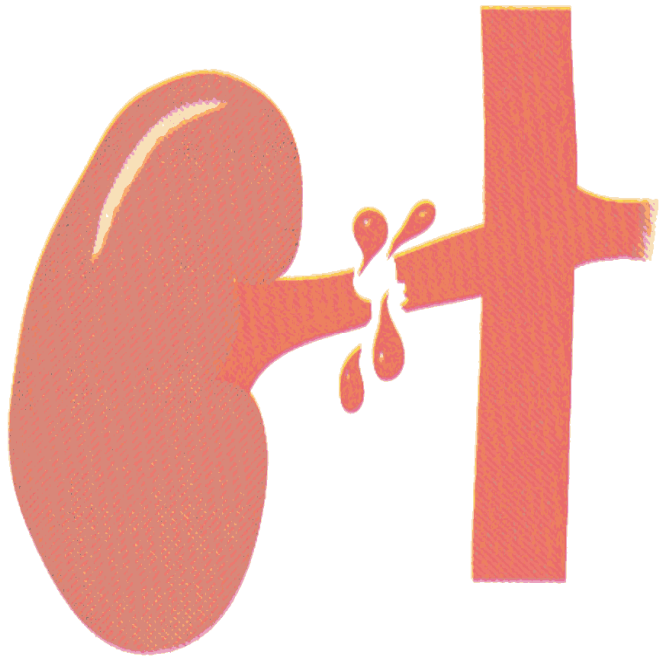


Blunt trauma - abdomen

- Fractures pelviennes → **perte de sang** importante.
- Organes compressés (par la colonne vertébrale contre le volant ou le tableau de bord) → **déchirure** (pancréas, rate, foie et reins)
- Les organes abdominaux peuvent:
 - entrer dans le thorax et réduire le volume pulmonaire
 - s'ischémier par compression



Blunt trauma - abdomen



Accident = 3 collisions

1) Véhicule / Objet

2) Passager (*non attaché*) / habitacle

3) Viscères

- o s'entrechoquent
- o percutent la paroi de la cavité



Collisions (de voiture)

5 catégories :

- Impact frontal
- Impact arrière
- Impact latéral
- Impact rotatoire
- Le tonneau



Impact frontal

- The Down-and-Under Path
(le chemin vers le bas et en dessous)
- The Up-and-Over Path
(le chemin vers le haut et par dessus)



Down & Under vs Up & Over



The Down-and-Under Path



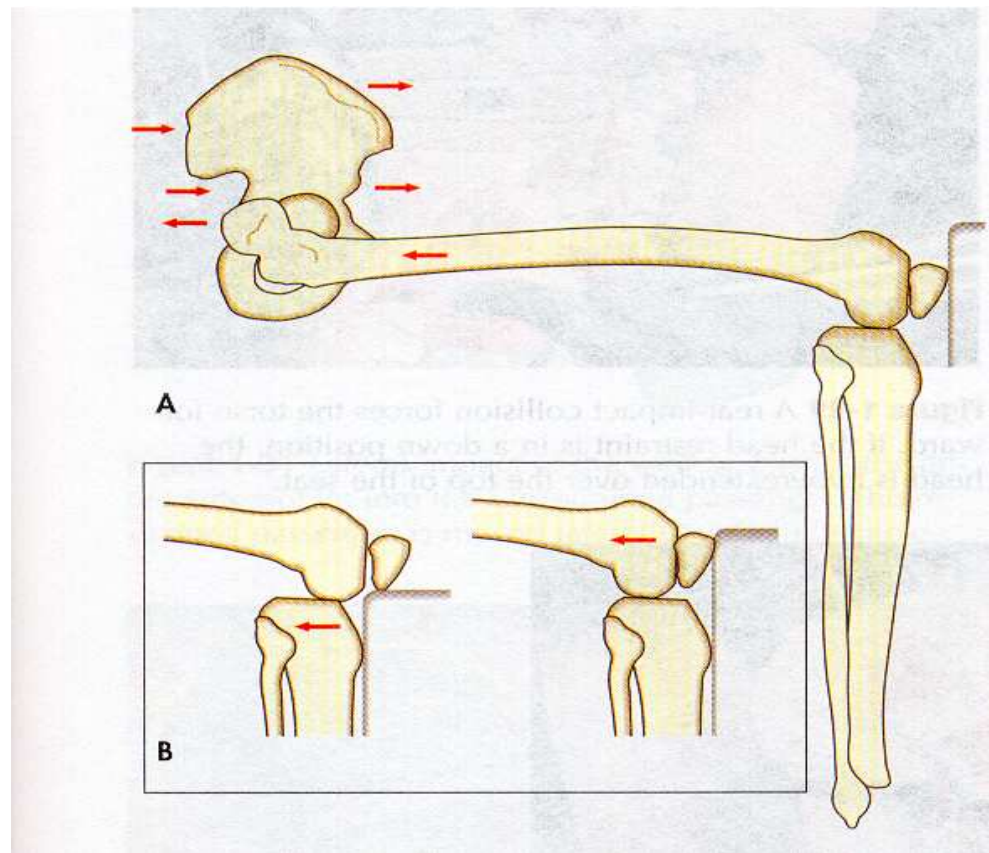
The Down-and-Under Path

- Le genou a deux points d'impact avec le tableau de bord : le fémur ou le tibia
- Le pied peut se tordre s'il est appuyé sur le plancher ou sur la pédale de frein avec une jambe tendue

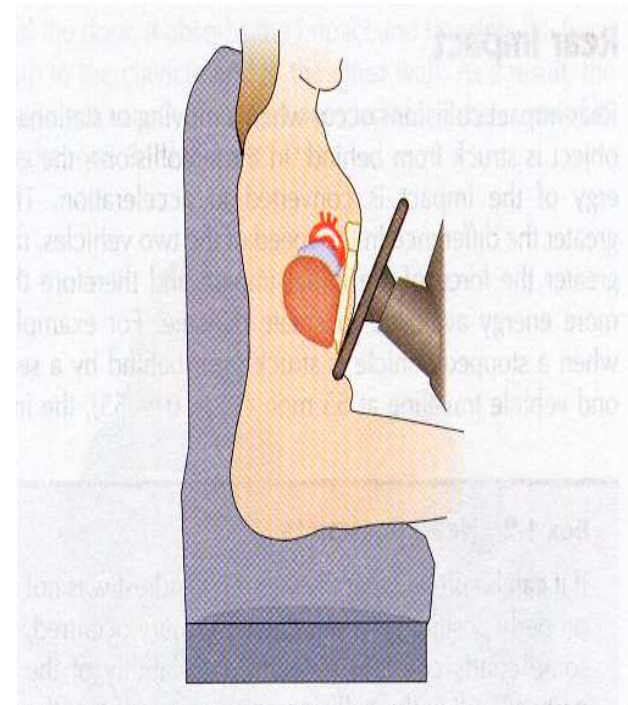
! Rechercher l'empreinte du genou dans le tableau de bord.



Syndrome du tableau de bord



The Up-and-Over Path



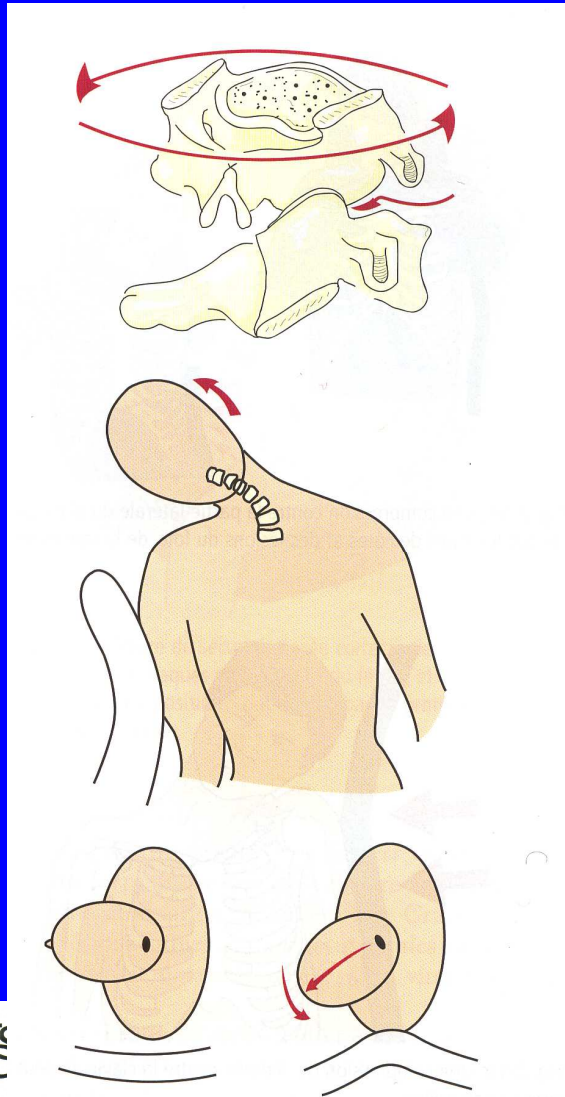
Impact latéral



Deux modes lésionnels :

1° mouvement de la
voiture.

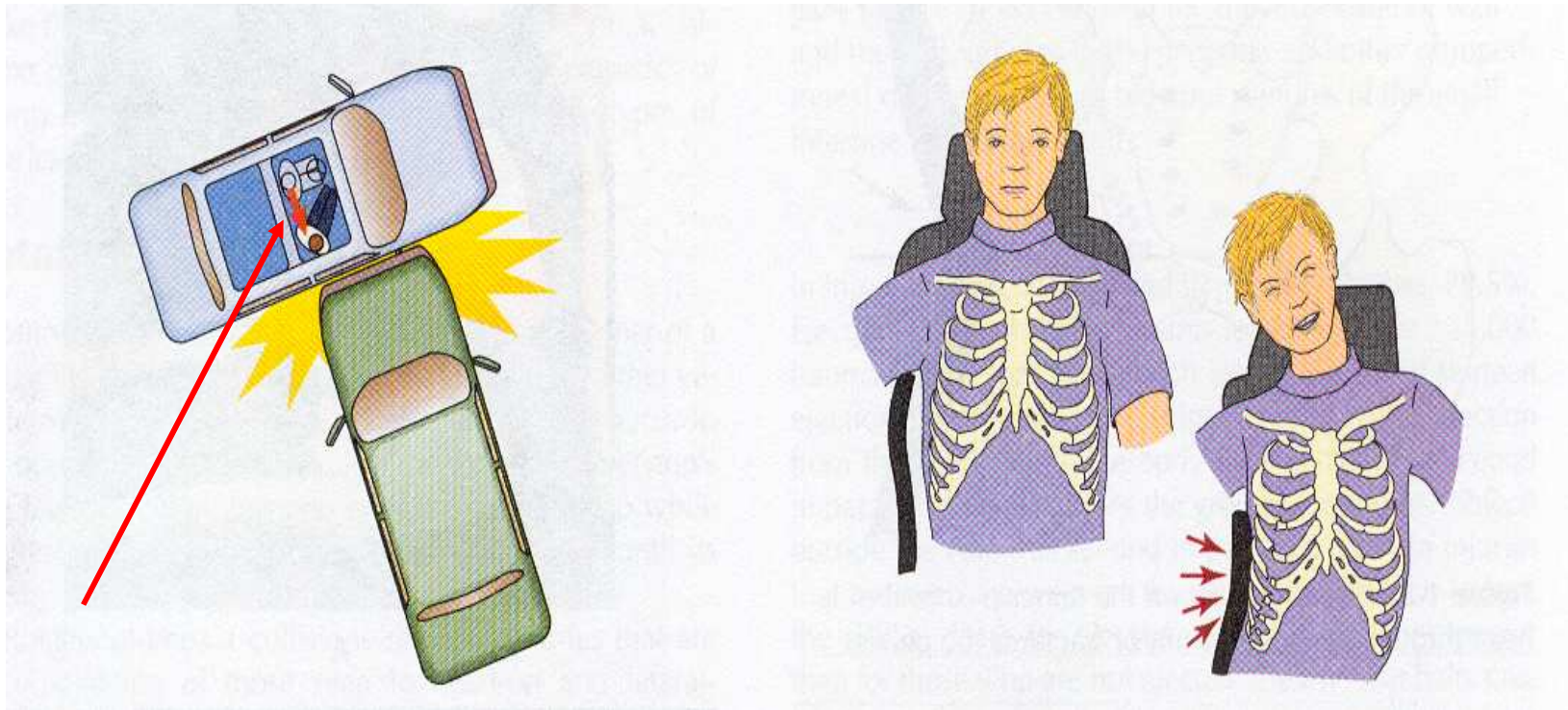
2° déformation des
portières *(vers l'intérieur)*.



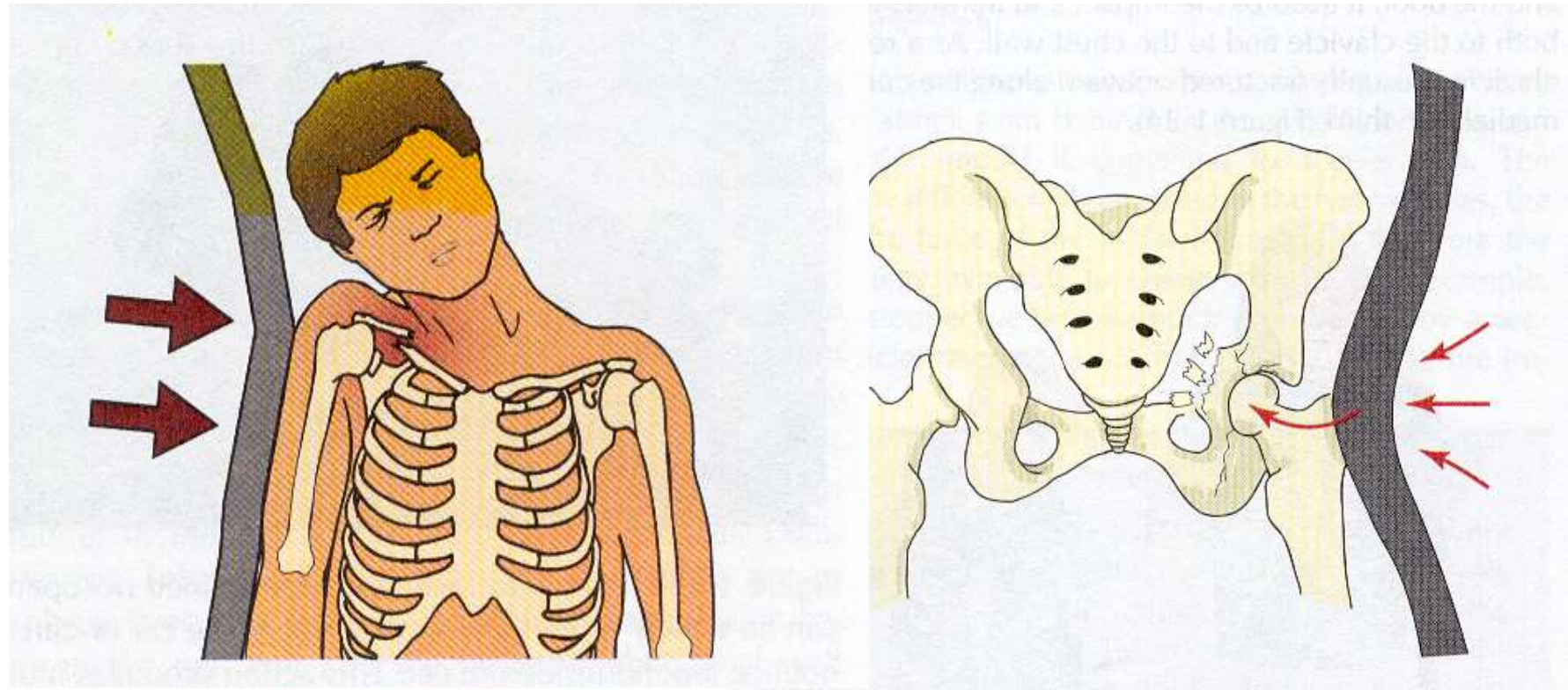
- Centre de gravité de la tête est en avant de la jonction entre le crâne et la colonne cervicale
- Rotation et flexion latérale
- Luxations, déchirures de ligaments et fractures latérales par compression



Impact latéral



Impact latéral

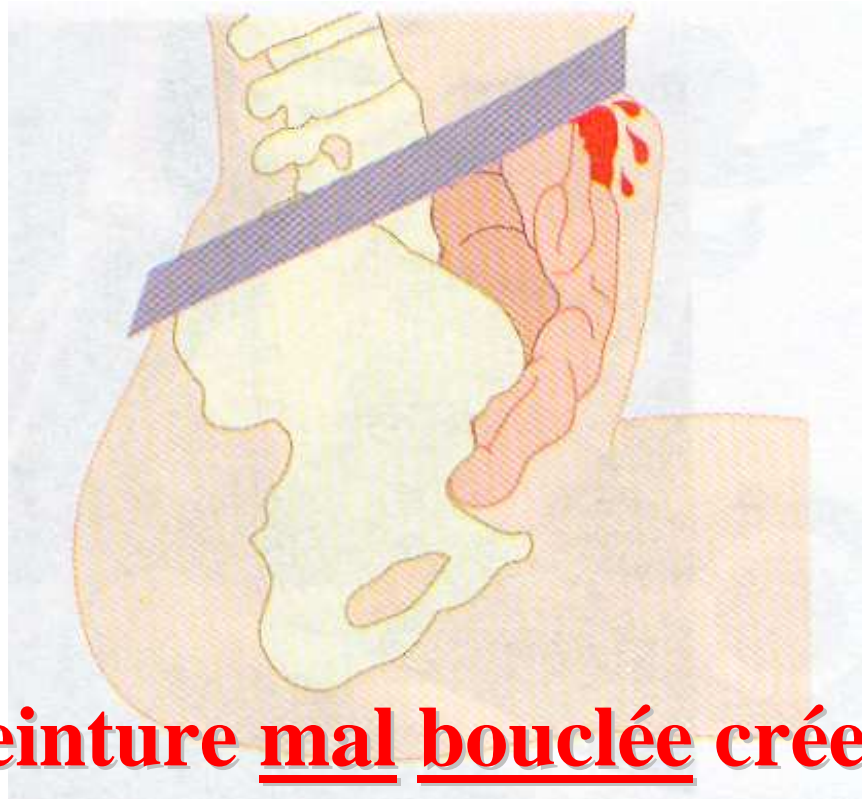


Sans ceinture de sécurité...

- Ejection :
 - deuxième impact → lésions nouvelles
 - risque de décès : x 6
- La ceinture bouclée sauve des vies



La ceinture de sécurité



- **La ceinture mal bouclée crée des lésions**

Air-bag

- Extrêmement efficaces (impact frontal)
- Moindre efficacité si impact arrière, rotatoire ou latéral.
- Combinaison avec la ceinture de sécurité.
- Dangereux pour les enfants et les adultes de petite taille.
- Attention pour sauveteurs si pas déployé...



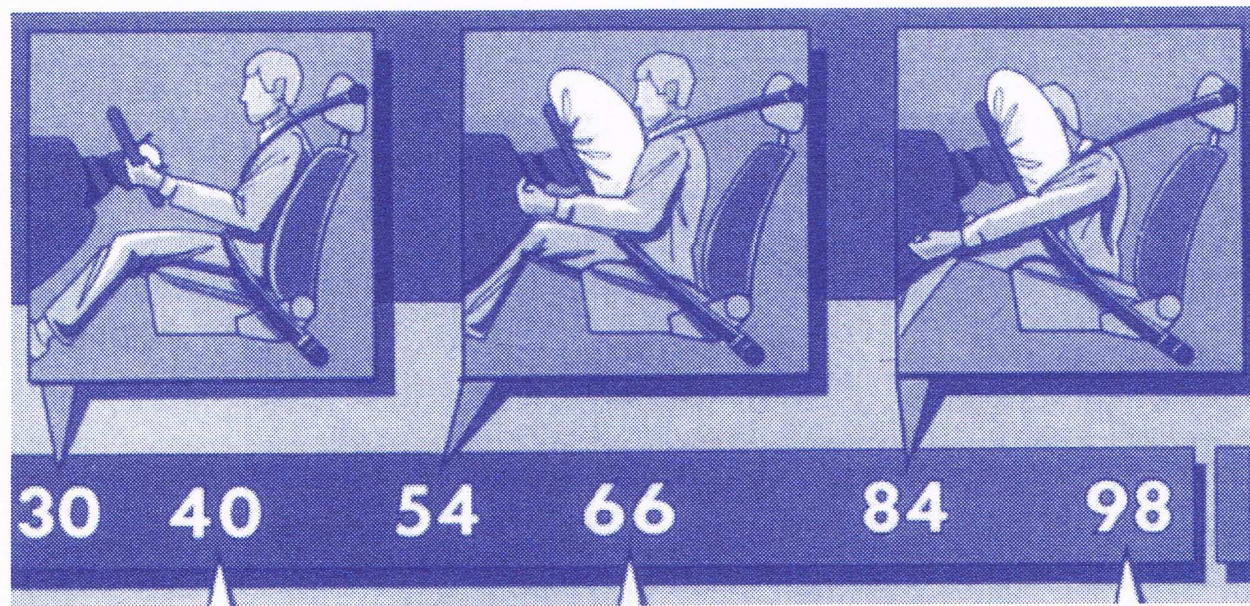
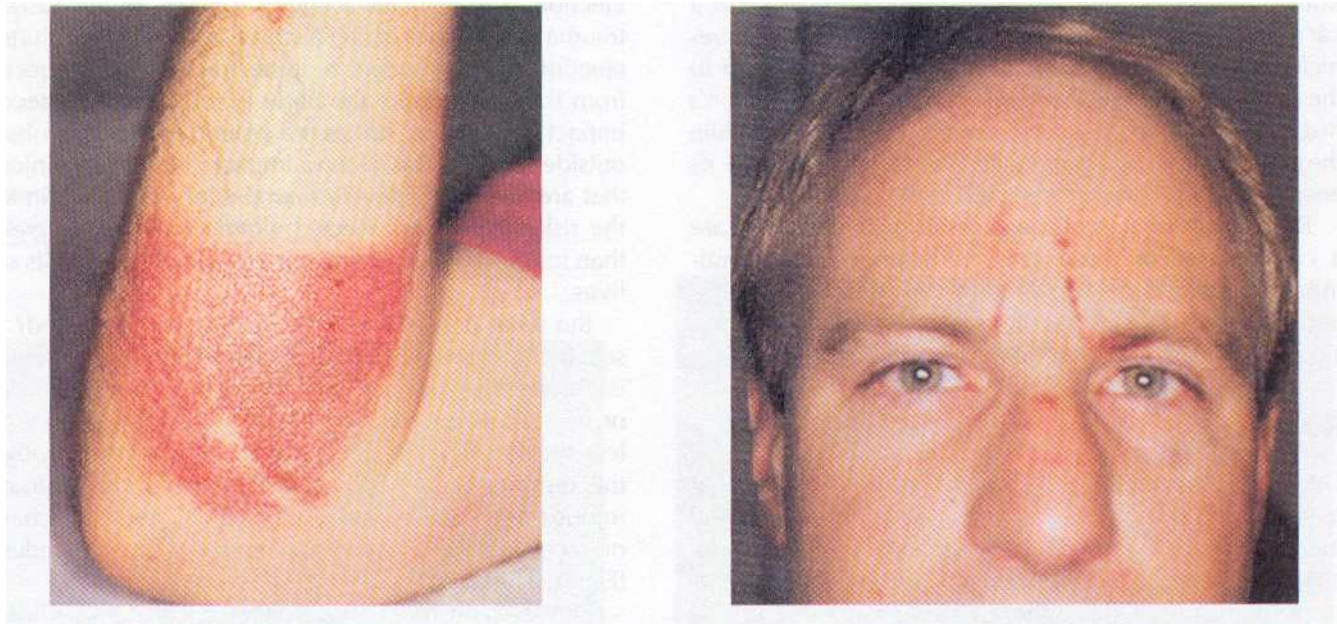
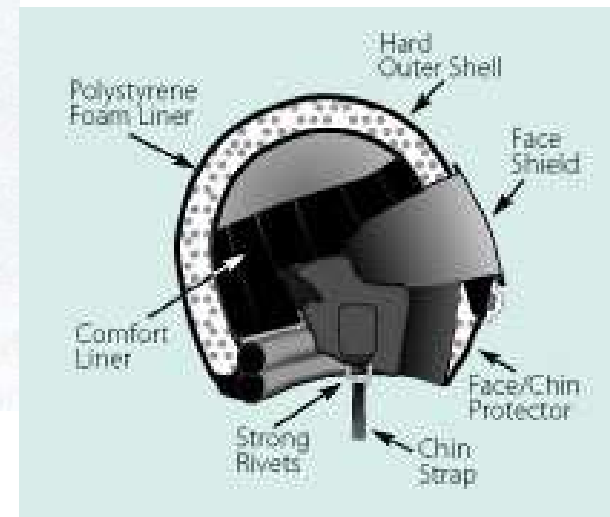
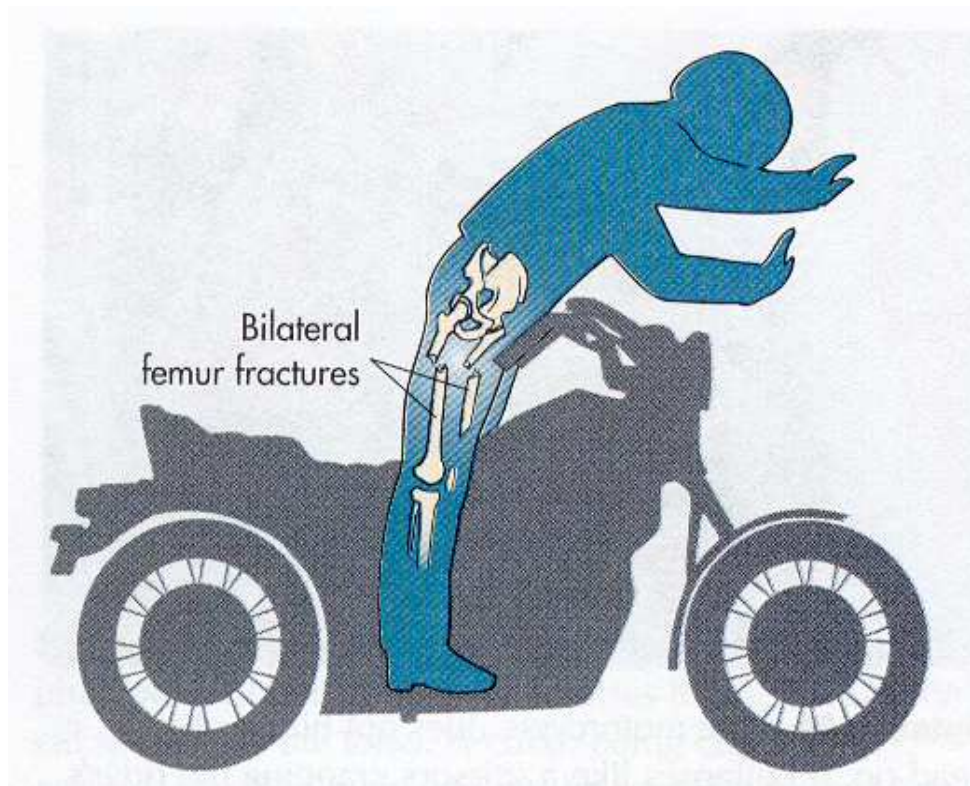


Fig. 2.17. Mouvement du mannequin lors d'un test de choc (les durées sont indiquées en centièmes de seconde)

Air -bag



Motocycliste



Piétons

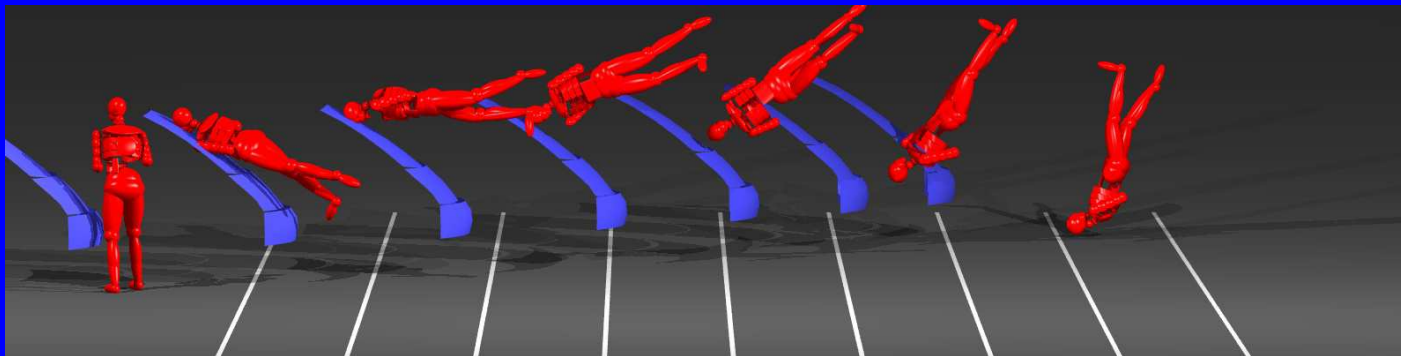


- **Adulte : se détourne**
- **Enfant : fait face**

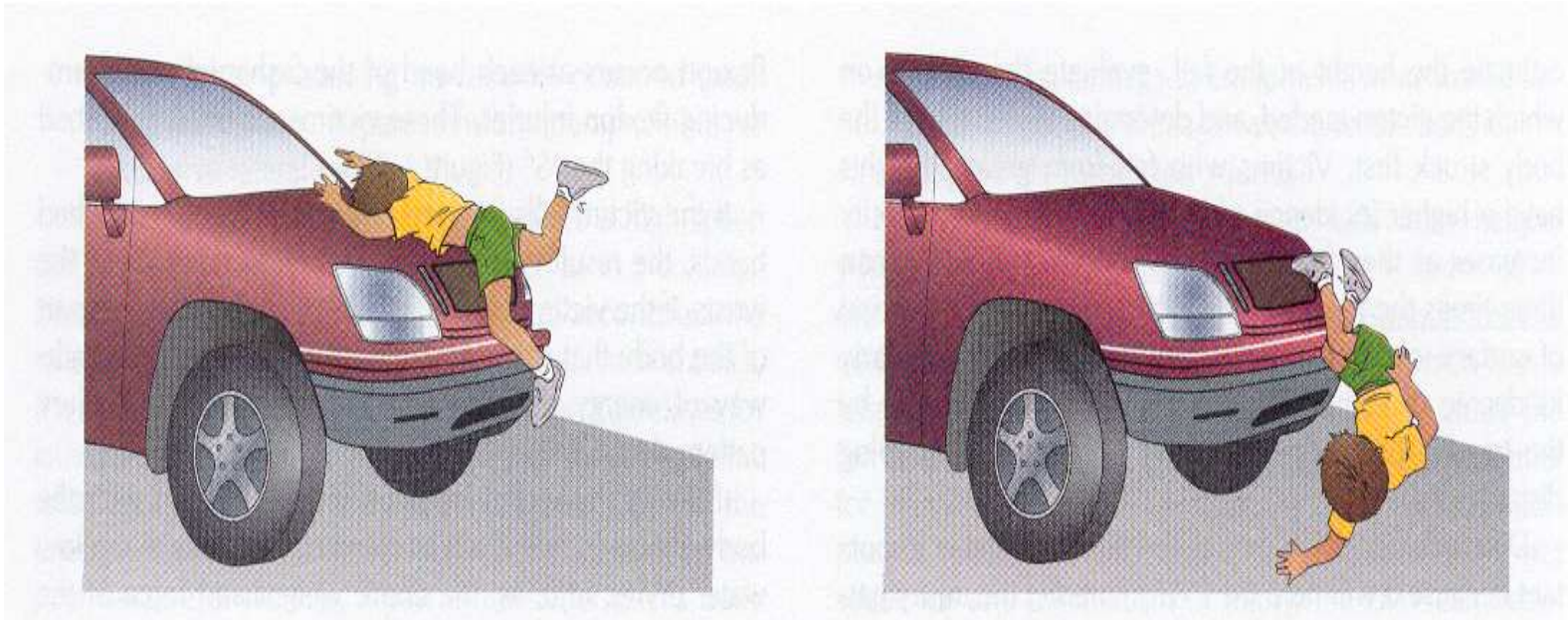
- **Taille & impact**

Piétons : 3 phases classiques

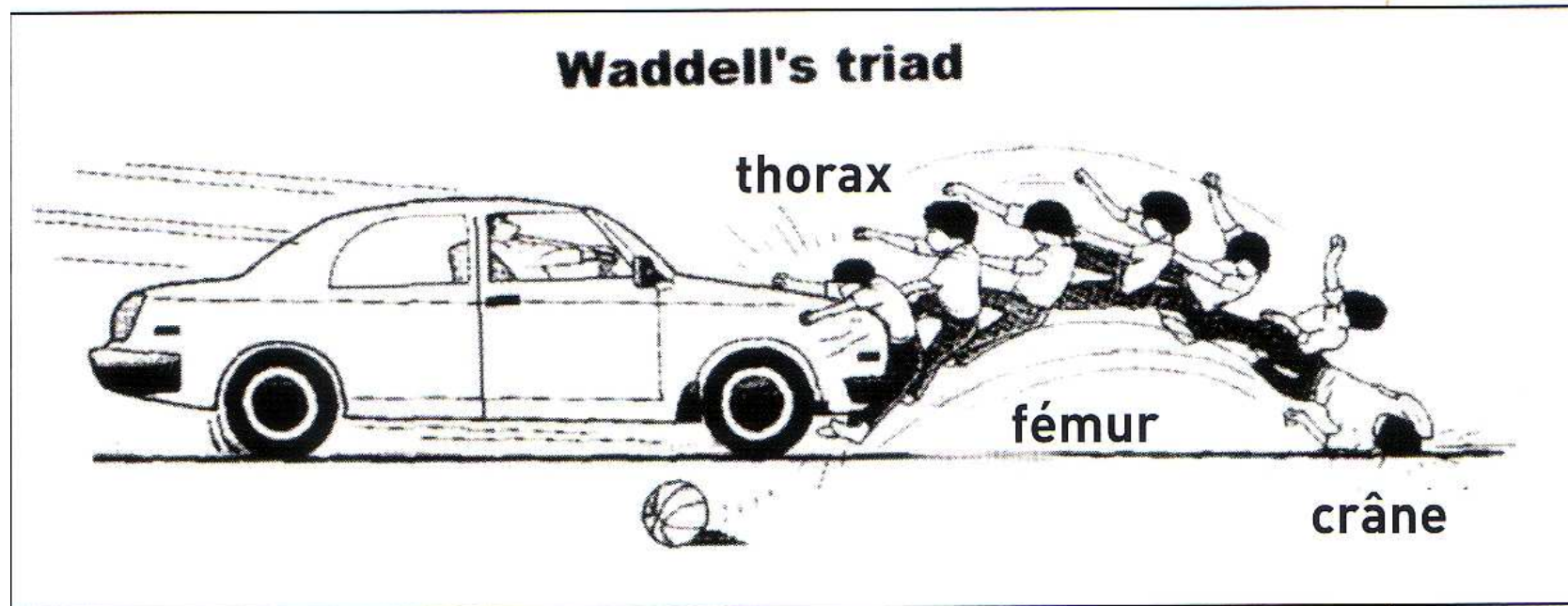
impact initial contre les jambes (ou hanche)
le torse roule sur le capot
réception sur le sol (généralement la tête)
avec lésion cervicale.



Piétons - enfant



Piétons - enfant



Source: E.Duval et al., *L'agenda Pédiatrie*, jan.2008

Lois de l'énergie et du mouvement

$$F = m \cdot a$$

Force (Newton) = masse (Kg) \times accélération ($m.s^2$)
ou décélération ($m.s^{-2}$)



Chute d'une hauteur

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot (2G \cdot h)$$

- en moyenne un étage représente une hauteur de 3,7 à 4 m ($> 2 \times$ taille)
- une chute d'une hauteur de quatre étages (15 m)
 - correspond en fait à une vitesse lors de l'impact de $17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ soit plus de $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
 - léthal pour 50% victimes adultes



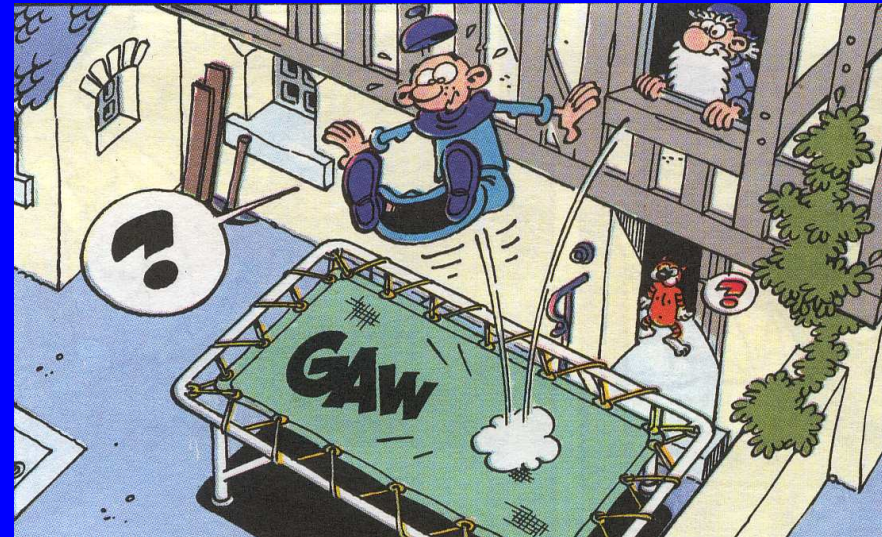
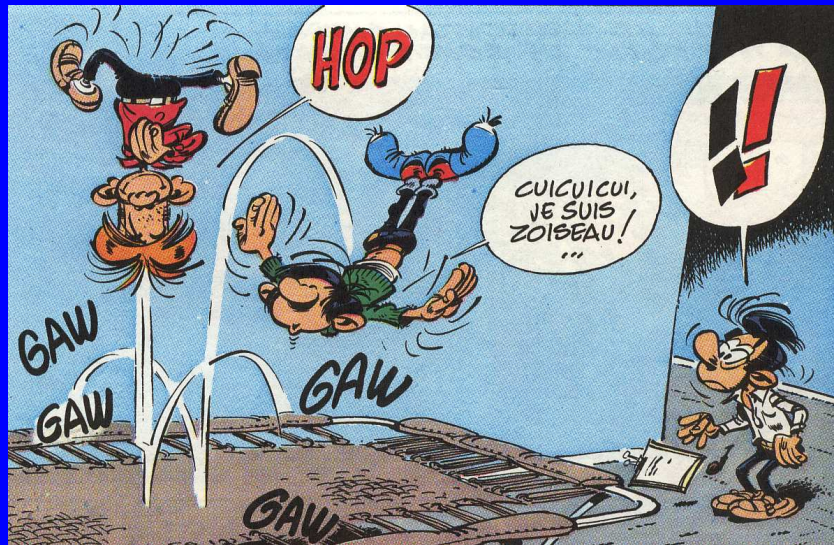
Chutes

- **Hauteur** (! $h = 3 \times \text{taille}$)
- **Segment** & impact premier
- **Réception**
 - 1 étage + béton : 720 G
 - 3 étages + boue : 60 G



Idem pour les chutes

Une chute sur une surface meuble produit moins de dégâts ...

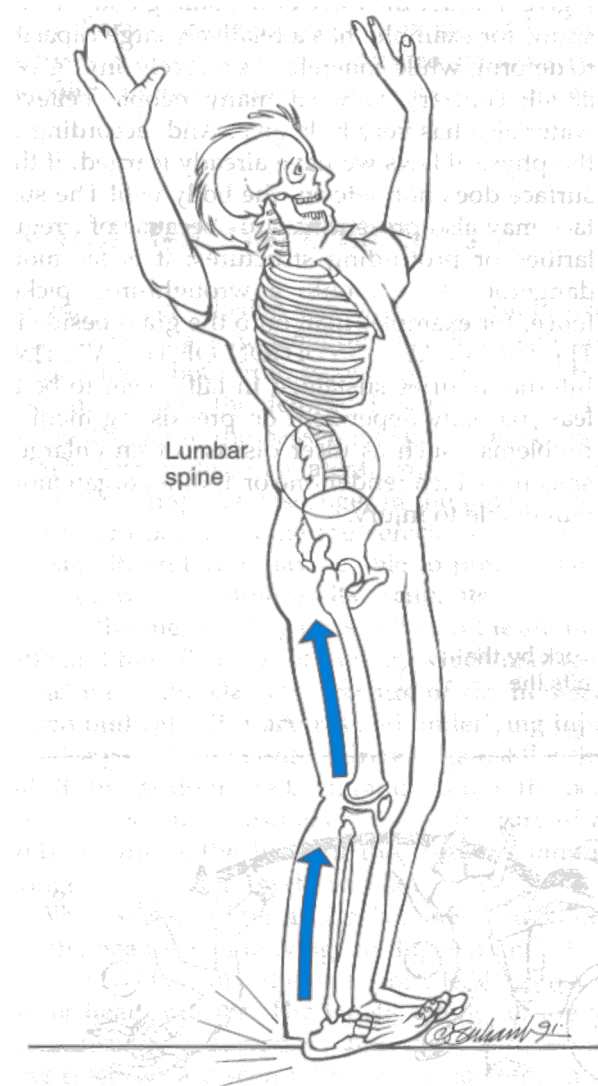
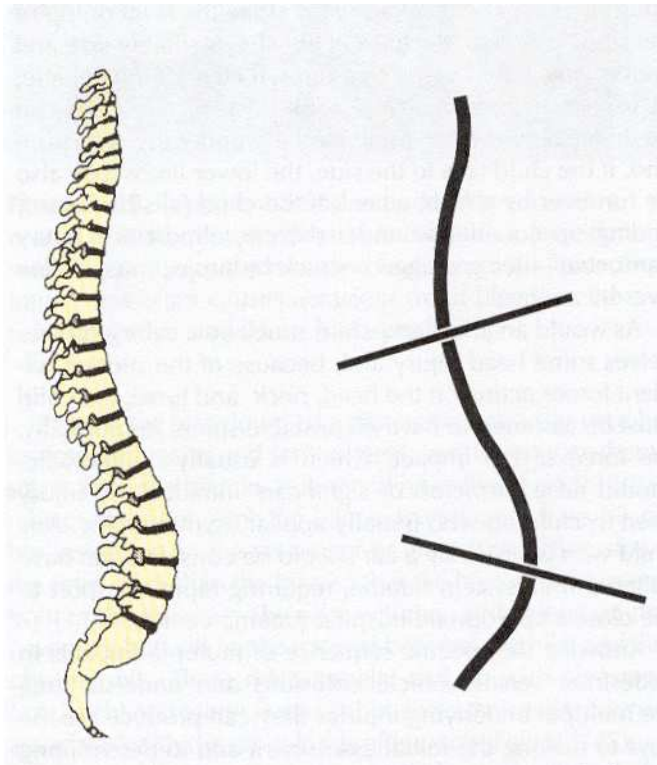


Chutes : les réceptions

- Sur les pieds
 - **Σ de Don Juan** = fractures bilat. calcaneums, chevilles, genoux, os longs, bassin, rachis (L+ th)
- ...



Don-Juan: bris du « S »



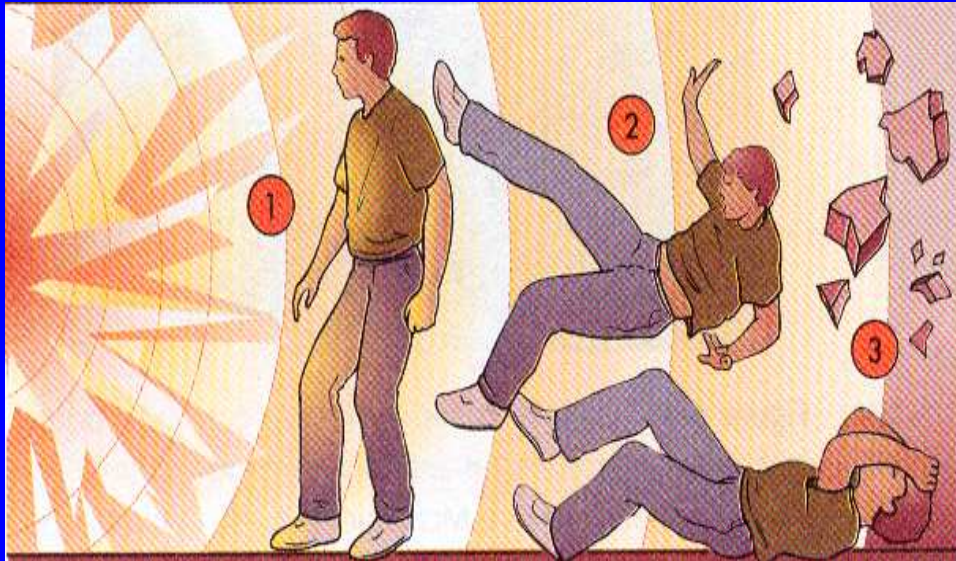
Chutes : les réceptions

- Sur les pieds
 - Σ de Don Juan = fractures bilat. calcaneums, chevilles, genoux, os longs, bassin, rachis (L+th)
- Vers l'avant, mains tendues
 - # bilat. poignets
- Sur la tête (corps aligné)
 - lésions cervicales



Blast

- Phase primaire
blast, brûlures
- Phase secondaire
lacérations, fractures,
brûlures
- Phase tertiaire
projection

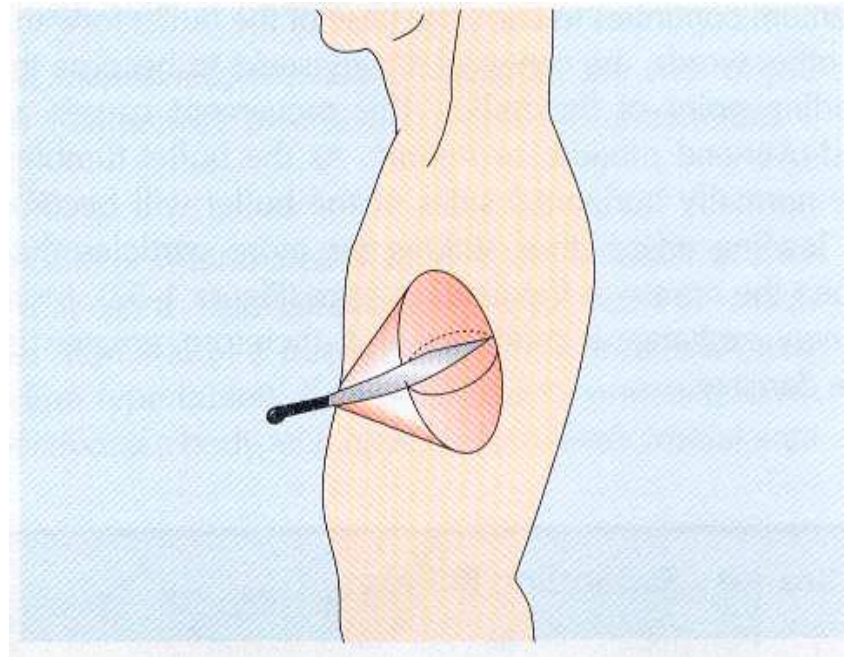


Trauma pénétrant - armes à basse énergie

- Armes à main comme couteau ou pic à glace : moindre vitesse, moins de lésions secondaires.
- Lésions prédites en traçant le chemin de l'arme dans le corps.



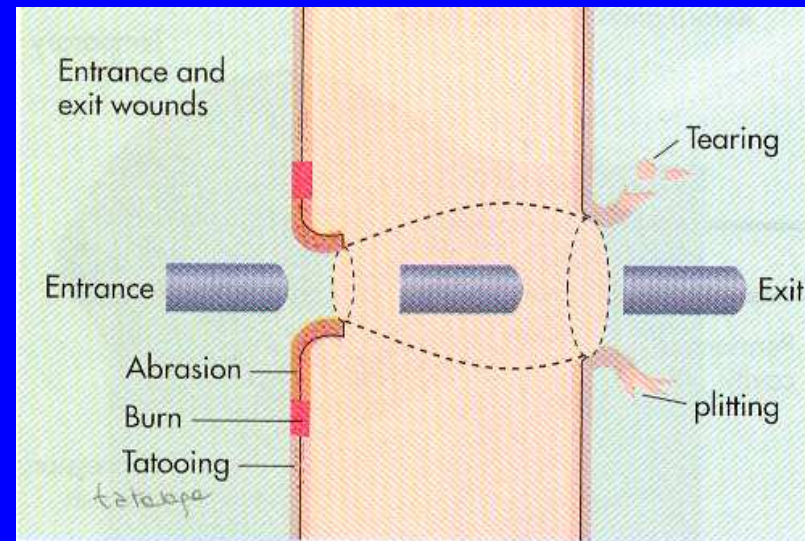
Trauma pénétrant- armes à basse énergie



Trauma pénétrant - armes à haute et moyenne énergie

Armes à moyenne énergie :
pistolets
création d'une cavité temporaire (3 à 6X la tête du projectile). La résistance de l'air ralentit les balles .
souvent à faible distance, lésions plus graves.

Armes à haute énergie (armes d'assaut, fusil de chasse).
haute vélocité



Trauma pénétrant

Le thorax : 3 structures

1° pulmonaire : (air / moins de lésions / importantes)

2° vasculaire : aorte, veine cave, myocarde

3° digestive : oesophage

L'abdomen : le projectile peut ne pas causer de lésions importantes-seulement 30% exploration chirurgicale.



Questions à se poser ...



Résumé : questions importantes à se poser

Les impacts

- * Quel type d'accident: frontal, latéral, ...éjection ?
- * A quelle vitesse l'accident a eu lieu ?
- * Quelle était la distance de freinage?
- * Les victimes portaient-elles des vêtements de sécurité ?
- * Comment sont les victimes les plus gravement atteintes ?
- * Quelles furent les forces impliquées ?
- * Quelle fut la trajectoire de l'énergie ?
- * Quels organes peuvent être lésés ?
- * La victime est un enfant? un adulte ?



Ouvrir l'œil...

- Impact pare-brise
- Rétroviseur
- Habitacle
- Volant
- Ceinture, Air-Bag
- Pétéchies / ceinture
- Plaies face & front
- Chevilles & pédales
- Morts



Résumé (2)

Chute

- Hauteur
- Surface réception
 - Absorption d'énergie ?
- Partie du corps percutante ?



Résumé (3)

Explosion

- Proche ou éloignée du patient ?
- Lieu clos ?
- Blessures probables:
 - Primaires
 - Secondaires
 - Tertiaires



Résumé (4)

Traumatisme pénétrant

- Qui était l'agresseur (homme? femme? sa taille?)
- Où était l'agresseur?
- Type d'arme employée
- Quelle était la distance ?
- Quel était l'angle ?

- Si arme à feu :
 - Calibre ?
 - Type de balle ?



Merci
bonnes lectures...

