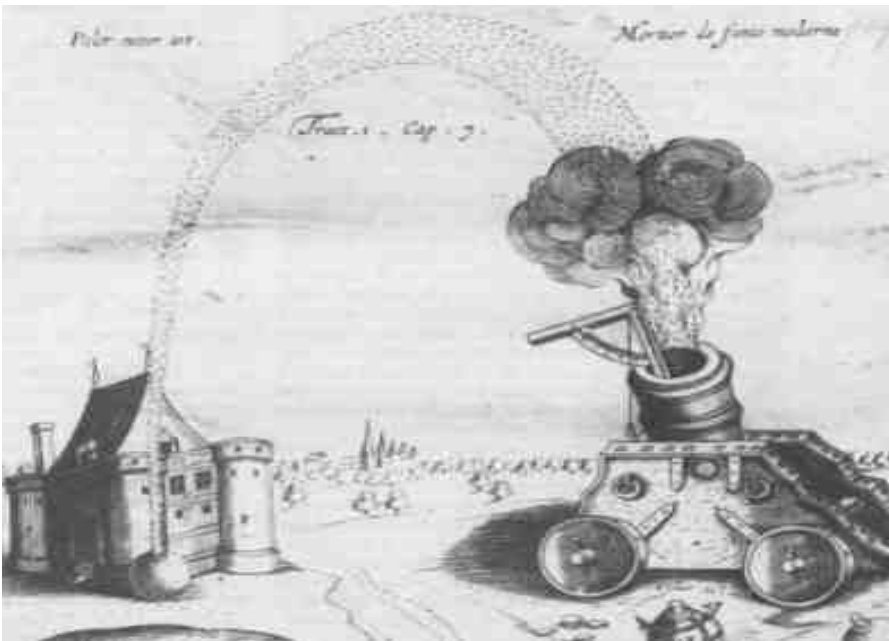


## Les effets des armes



SOCIÉTÉ EUROPÉENNE  
de BALISTIQUE LÉSIONNELLE



EUROPEAN SOCIETY  
for WOUND BALLISTICS

**LES TRAUMATISMES BALISTIQUES**  
**IMTSSA, LE PHARO**  
**MARSEILLE, LE 4 MAI 2008**

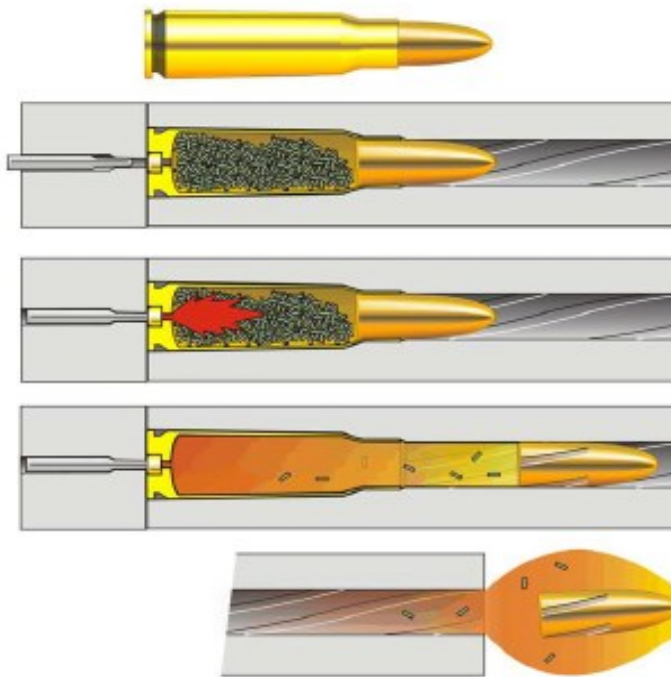


Ambroise Paré

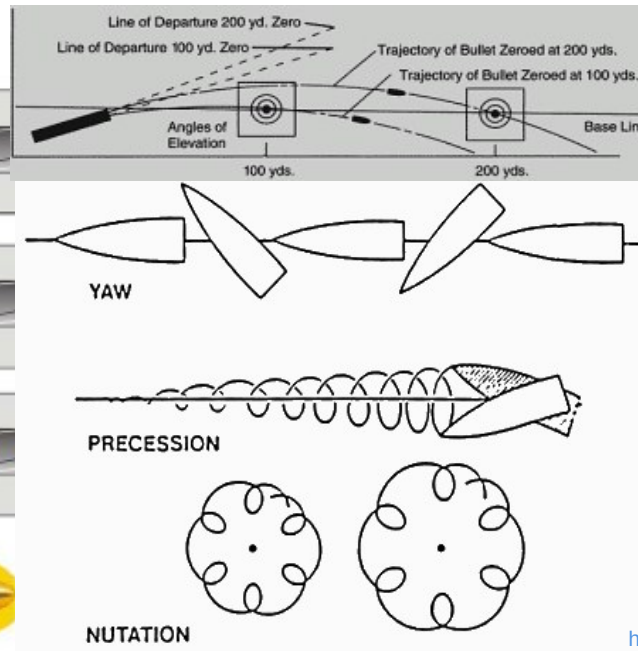
**« Ce n'est rien de feuilleter les livres, de gazouiller, de caqueter en chaire de la chirurgie, si la main ne met en usage ce que la raison ordonne »**

## La balistique

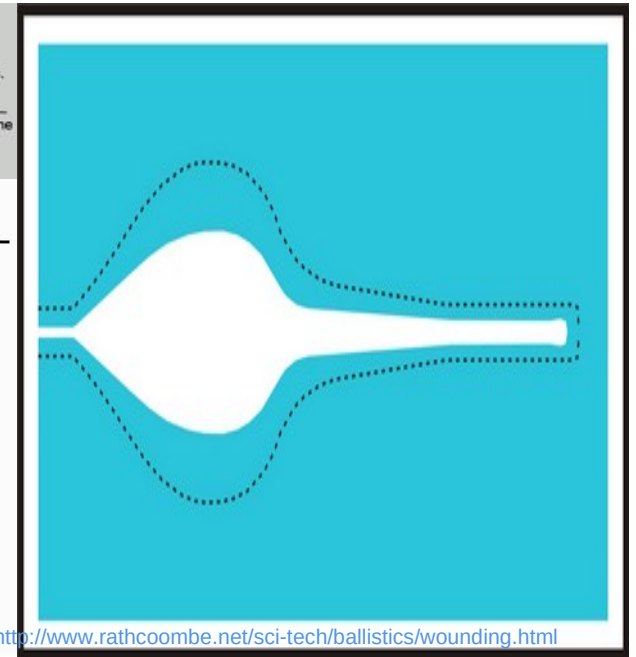
### Interne



### Externe

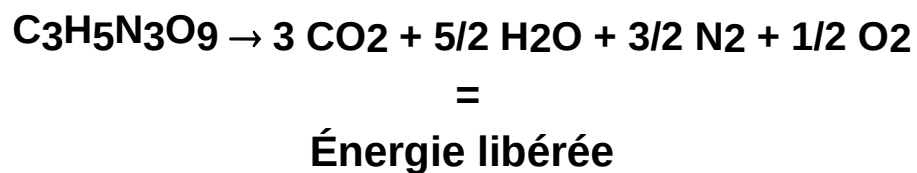
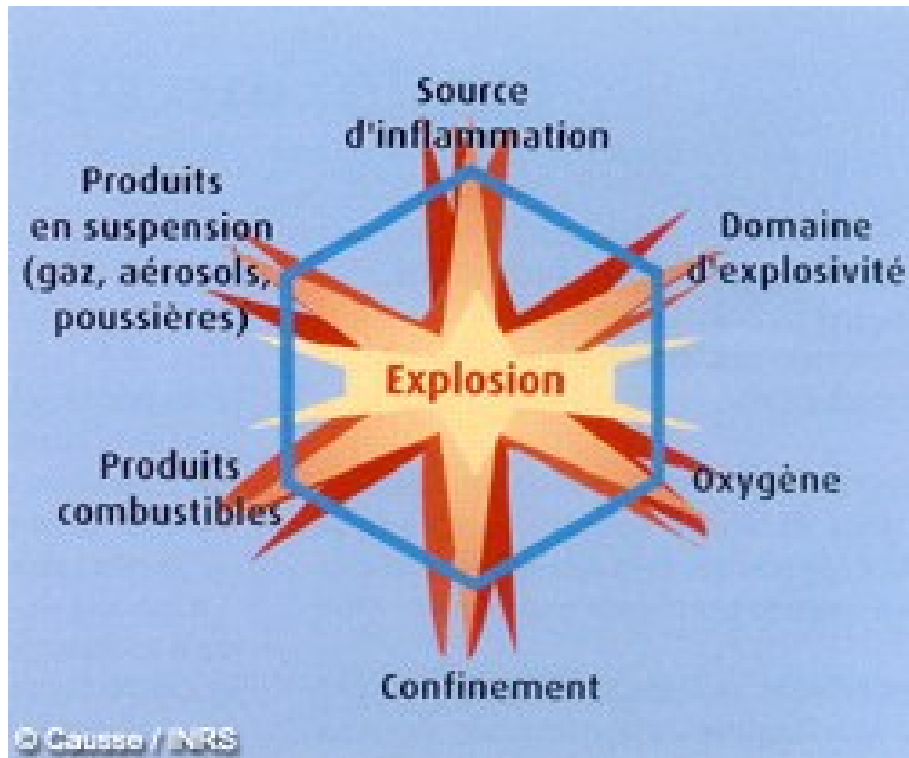


### Terminale



***Nous devons avoir des notions de balistique terminale***

## Tout commence par une explosion



*Un projectile*

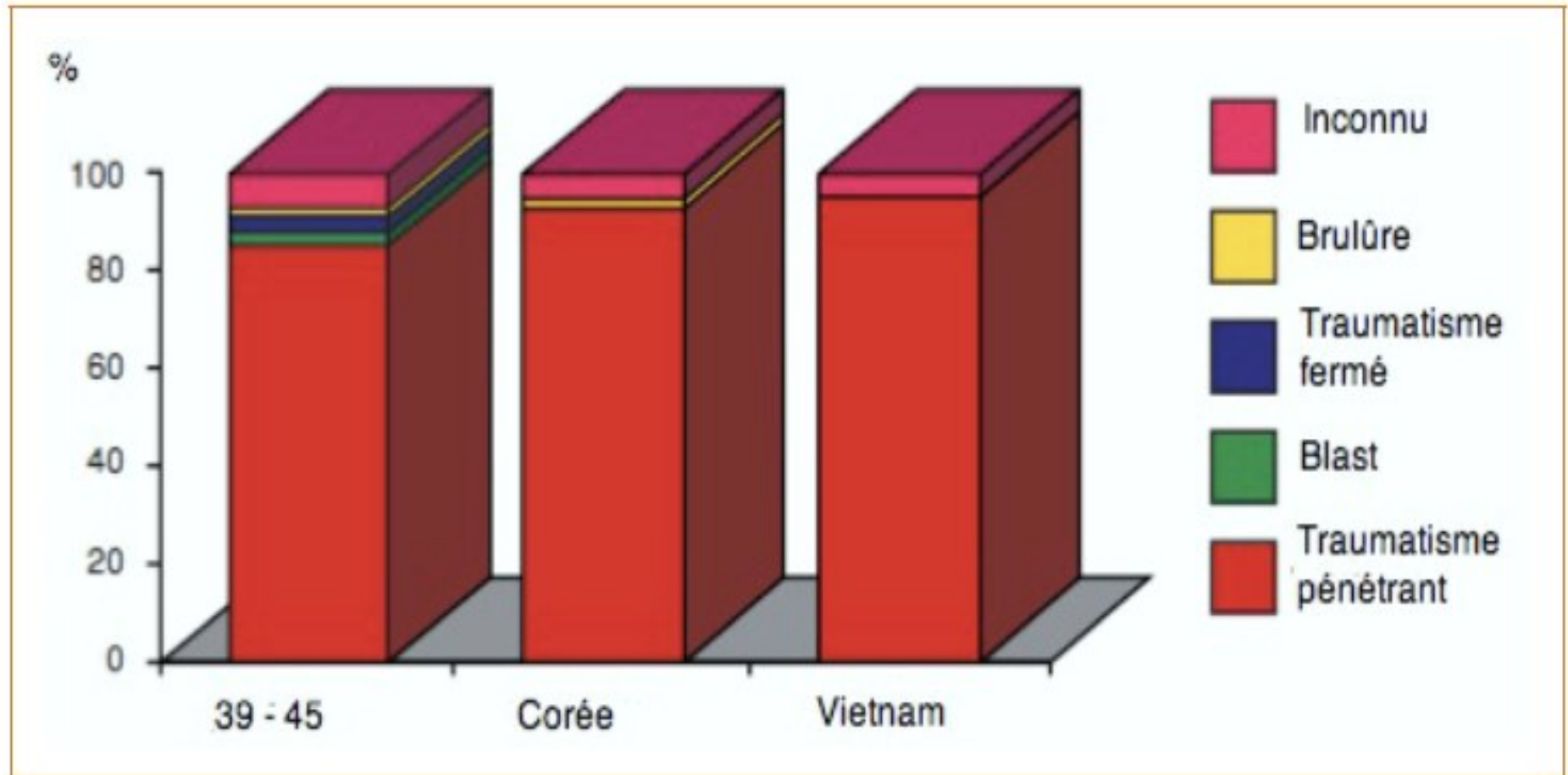
*Du gaz*

*Du feu*

*Dont les effets dépendent de l'arme utilisée*



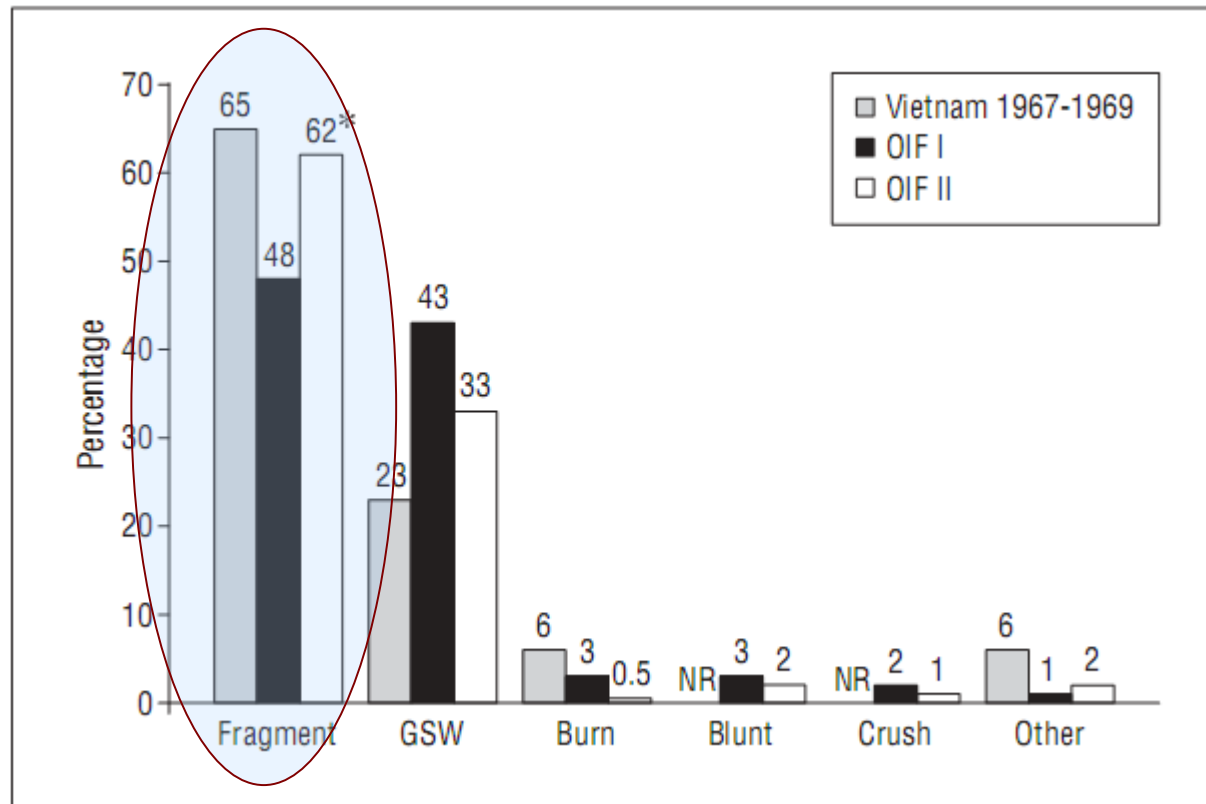
## A l'arrivée il y a des effets



Ils sont le plus souvent évidents, *mais pas toujours*

**A l'arrivée il y a des effets surtout pénétrants**

Thèse 



***Mais fonction du type d'engagement***

## **Les effets ne sont pas toujours évidents**



*Ce qui compte :*

***Les répercussions  
physiologiques et  
non ce que vous  
voyez***

## Agents lésionnels et leurs effets

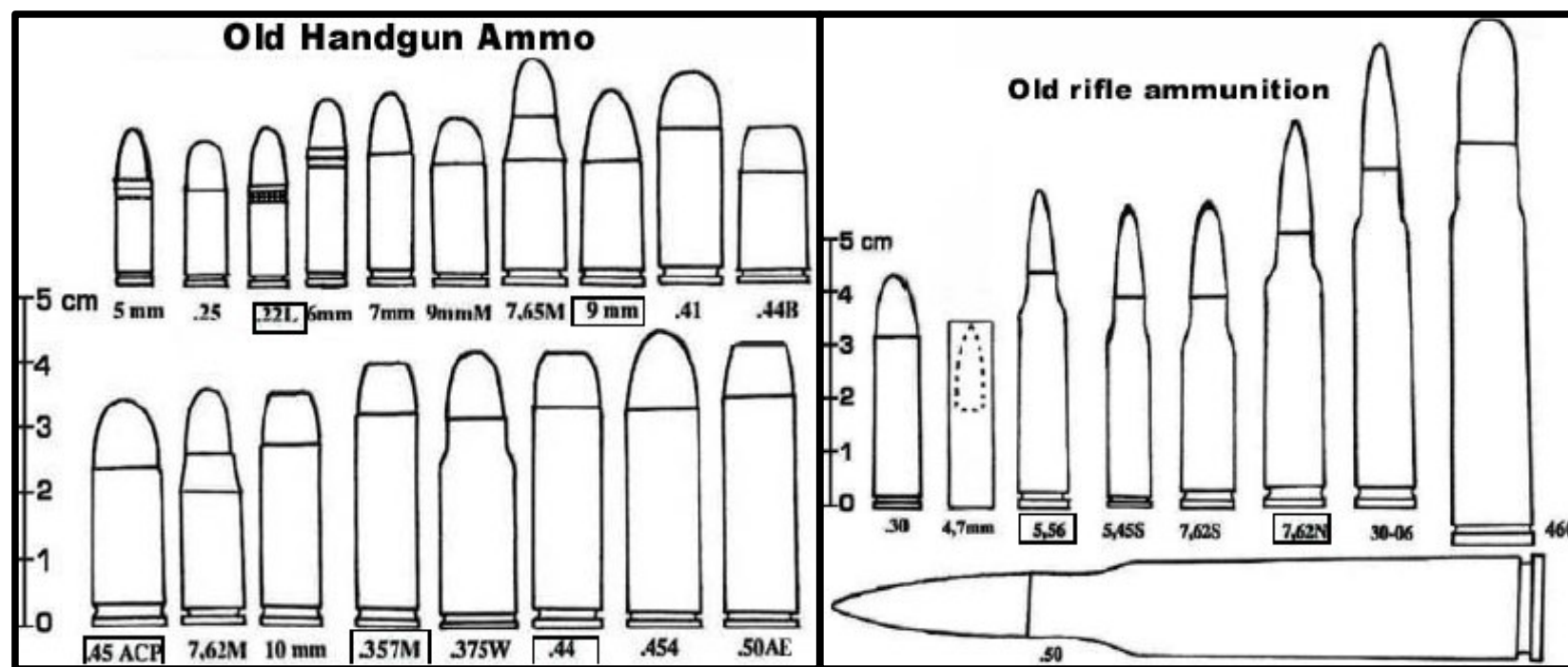
- Les balles
- Les éclats
- Le blast
- Focus sur :

- ⇒ *Les Engins explosifs improvisés*
- ⇒ *Les effets arrières des effets de protection*
- ⇒ *Exemples d'armes*

Guide simplifié des munitions rencontrées en Ukraine



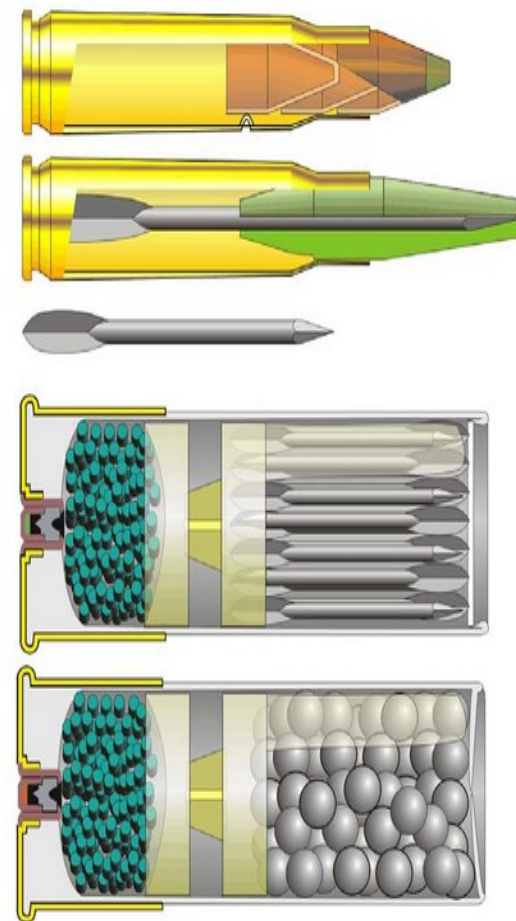
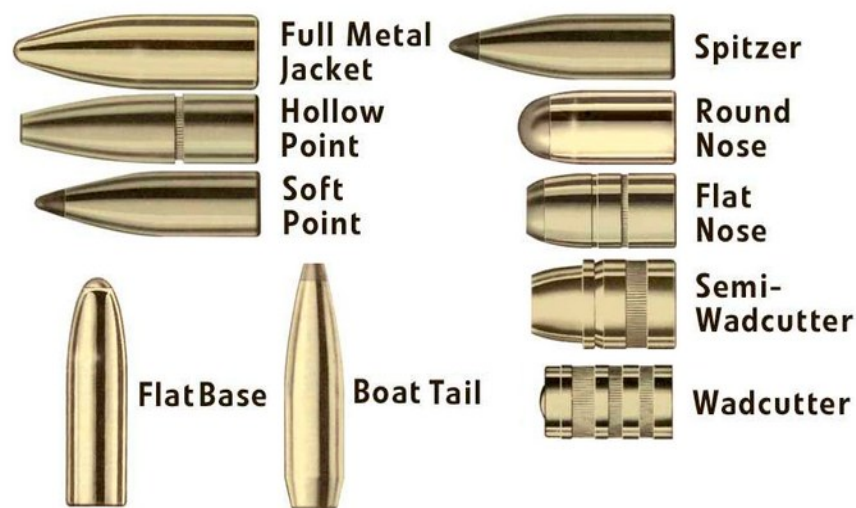
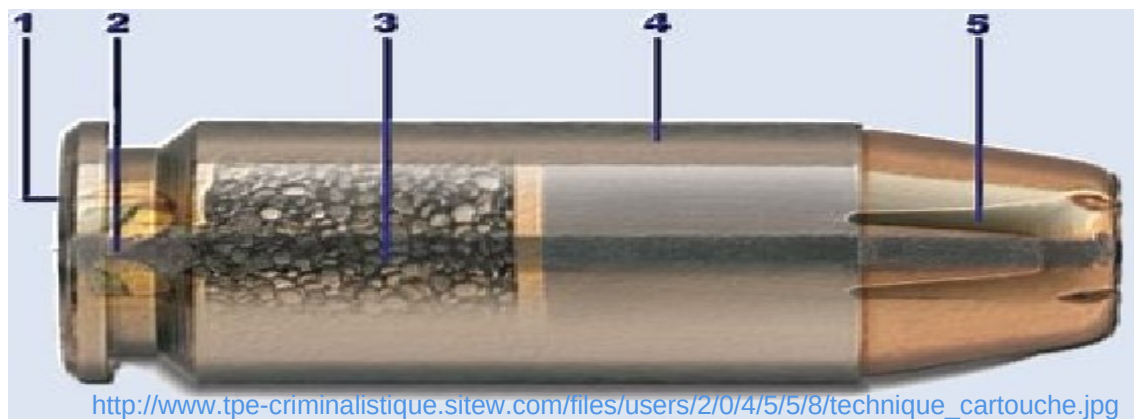
## Les balles :



*Leurs effets vulnérants dépendent de nombreux facteurs*

## Les balles : *Des effets vulnérants dépendant de leur conception*

1, Culot 2. Lumière 3, Poudre 4, Douille 5. Balle

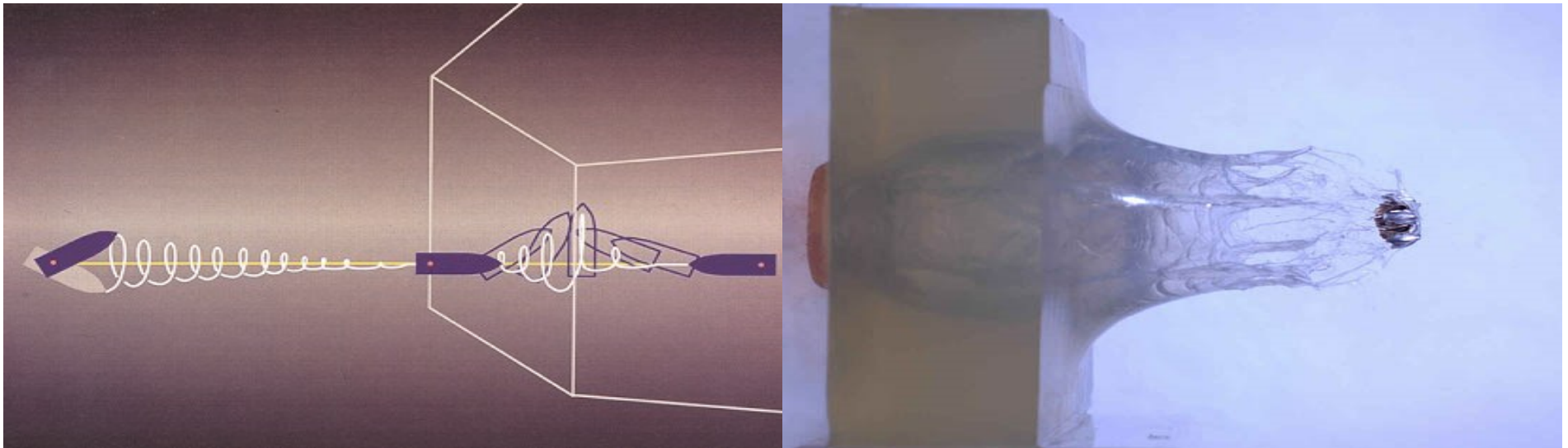


La forme

L'énergie dissipée à l'impact :  $E = \frac{1}{2} mv^2$

La structure

## Les balles : Des effets vulnérants dépendant de l'interaction avec la cible



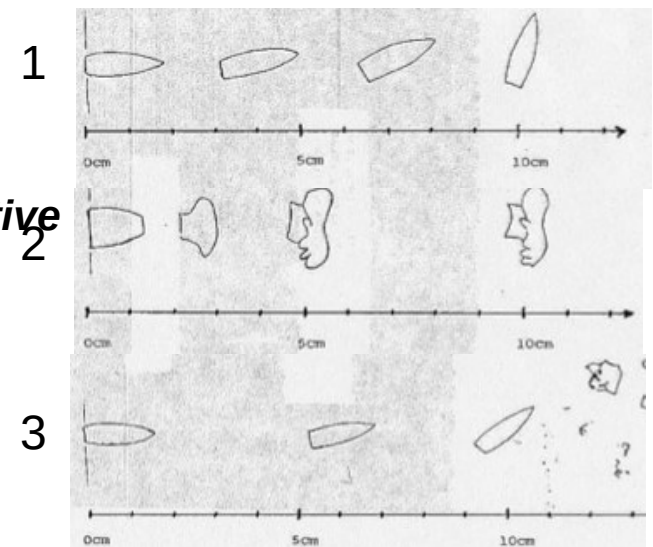
### Ce qui est constant :

Les effets sur la paroi : *Souvent orifice d'entrée*

Les effets internes : *Une cavité temporaire puis définitive*

- 1 Par bascule ou retournement
- 2 Par expansion ou champignonnage
- 3 Par fragmentation

Un orifice de sortie : *Pas toujours présent*





**Les balles :**      ***Des effets vulnérants dépendant de l'interaction avec la cible***

**Ce qui est constant :** ***Les orifices d'entrée***



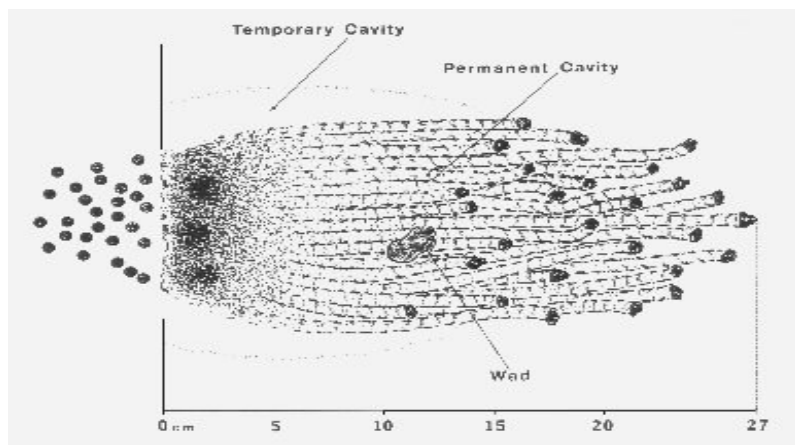
L'analyse de l'orifice est un élément de diagnostic en criminalistique

***L'orifice, la collerette érosive, l'ecchymose, le tatouage***

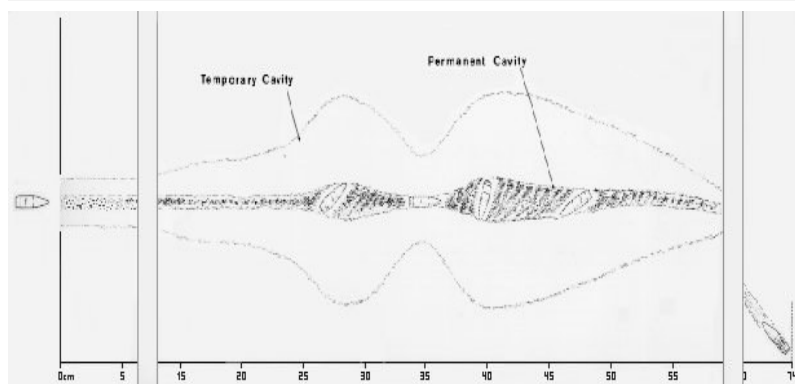
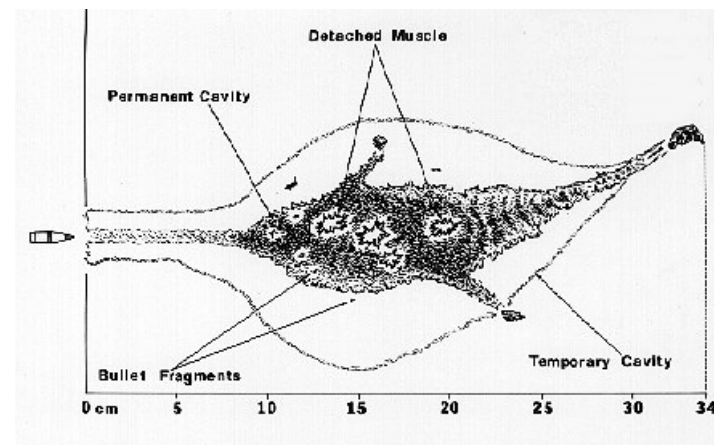
## Les balles : Des effets vulnérants dépendant de l'interaction avec la cible

Ce qui est constant : *Les cavités lésionnelles ou « neck »*

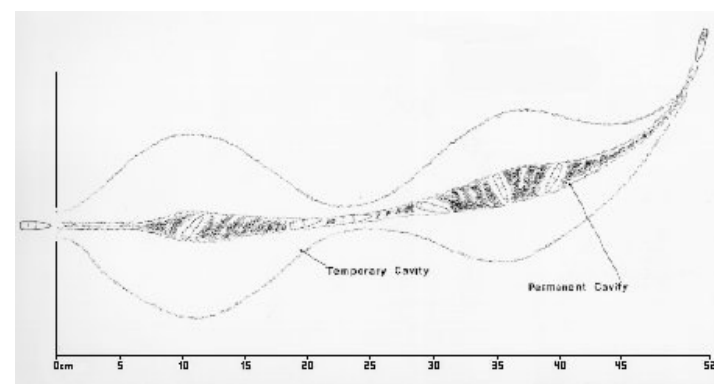
Chevrotine 411 m/s 27 cm



M855 5.56mm 925 m/s 34 cm



7.62x39 AK-47 713 m/s 74 cm



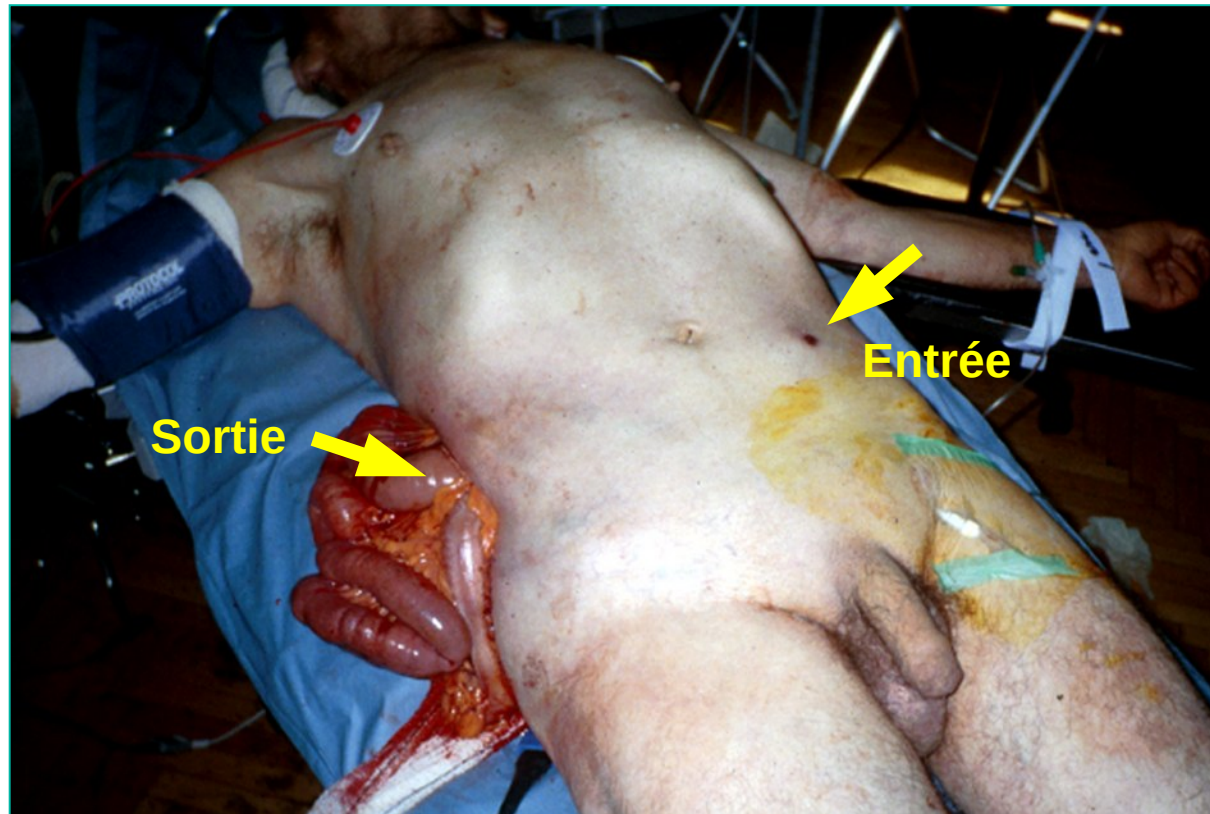
5.45mm AK-74 935 m/s 52 cm

***A prendre en compte: la fragmentation et la cavitation***

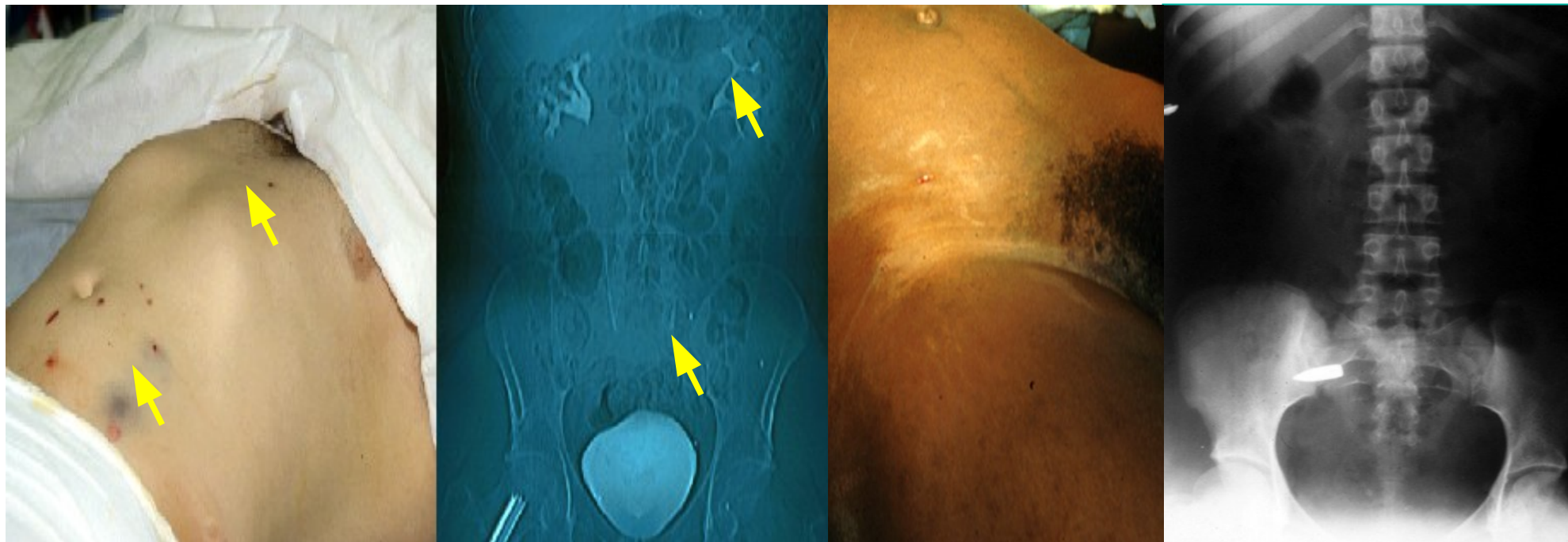


**Les balles :**      *Des effets vulnérants dépendant de l'interaction avec la cible*

**Ce qui est inconstant :** *Les orifices de sortie*



**Les balles : *Des lésions anatomiques difficiles à prévoir***



***Le traumatisme est-il vraiment pénétrant ? Quelles sont les lésions sous-jacentes ?***

**Des questions qui se poseront à l'hôpital !**

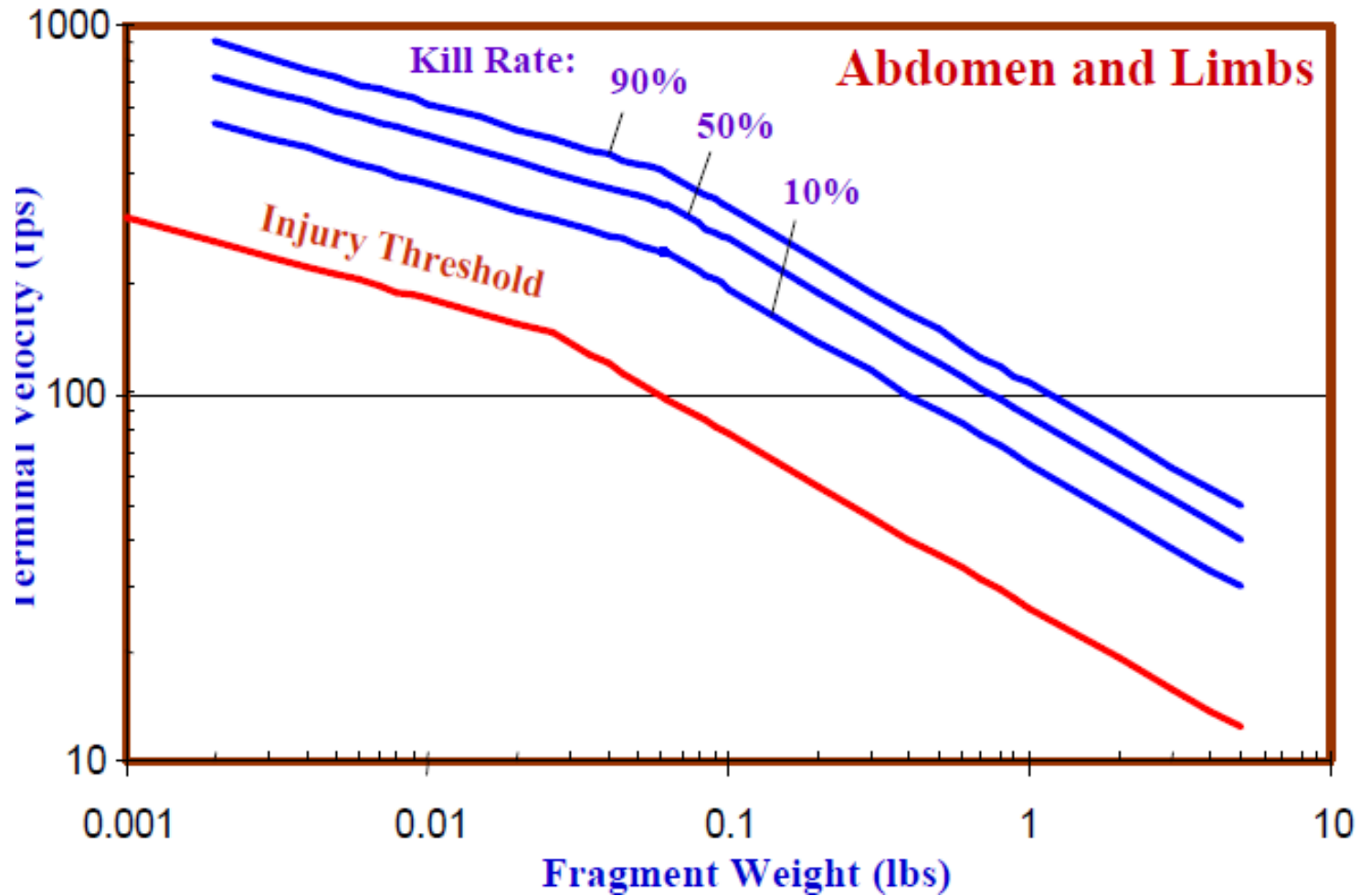
***Pour vous : Y-a-t-il une cause de décès évitable ?***

## Les éclats



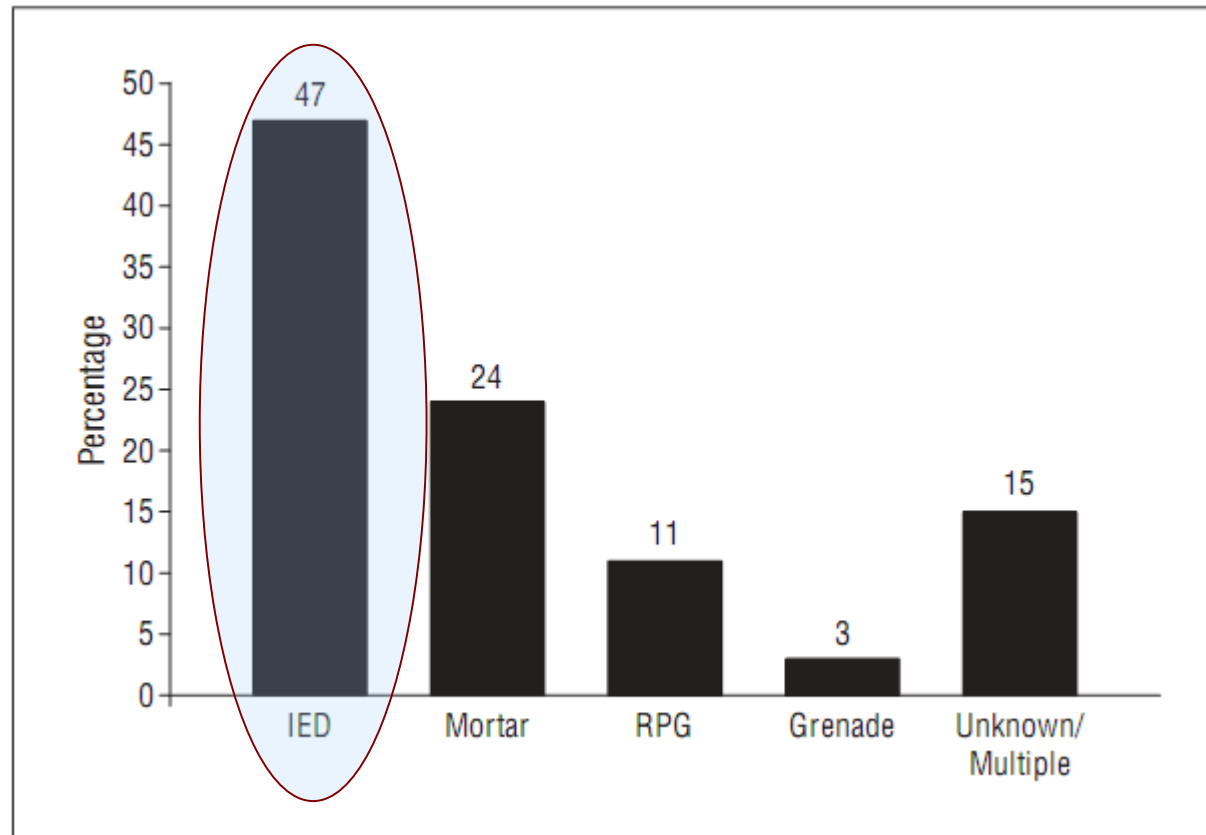


**Les Éclats :**      *Comme pour les balles, tout est histoire d'énergie cinétique*





## Les éclats : Surtout les IED



***Attention :***      ***Action de contre-terrorisme et FS ≠***

## **Les Éclats : *Une situation complexe***



***Comme pour les balles, tout est histoire d'énergie cinétique***

**Avec quelques particularités :** Embols de projectiles, intoxication aux métaux constitutifs des projectiles

## Les Éclats : *De diverses origines*

**Table 1** Mechanism of Injury of All Wounded and Killed Combatants

| Mechanism of Injury | Killed | Wounded | Percent |
|---------------------|--------|---------|---------|
| GSW                 | 3      | 19      | 22      |
| Explosion           | 18     | 60      | 78      |
| IED                 | 12     | 41      | 53      |
| Mortar              | 1      | 17      | 18      |
| RPG                 | 0      | 2       | 2       |
| Missile             | 5      | 0       | 5       |
| Total               | 21     | 79      | 100     |

## *Les projectiles primaires*



**Les Éclats :**      ***Les projectiles primaires***



**Mines à fragmentation**



**Artillerie**



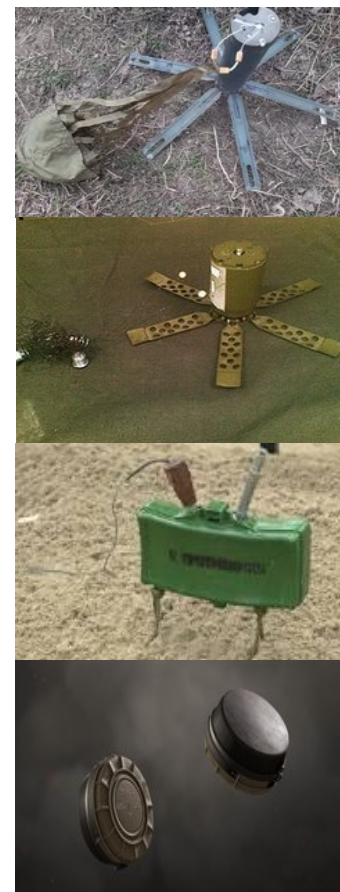
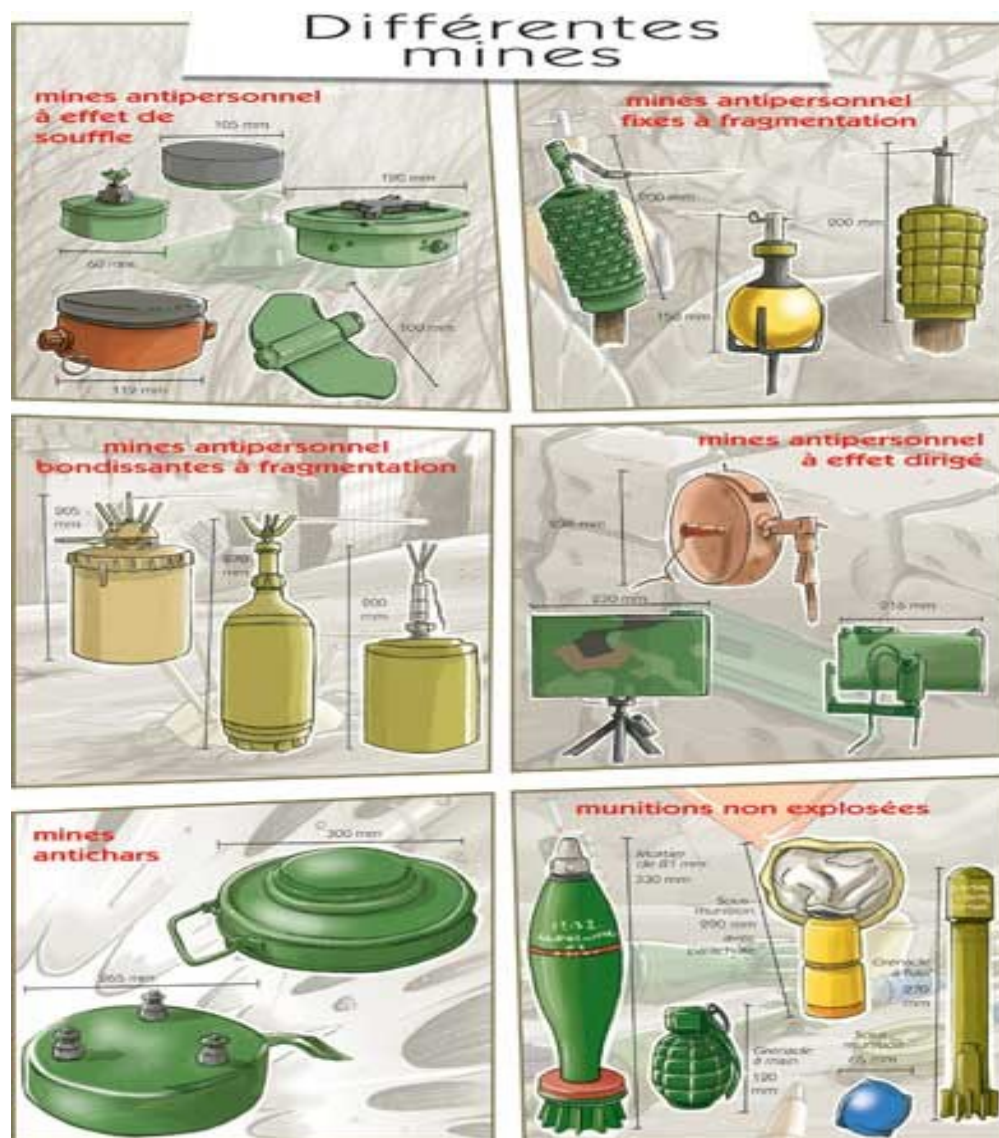
**RPG 7**



**Munitions non explosées**



## Les Éclats : *Les projectiles primaires*



POM 3 russe tirée par LRM

## POM 2 russe

MON 50 russe

## PNM-4 russe

## Le blast



Bataille de Crécy - 26 Août 1346



Beyrouth - 4 Août 2020

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

**« On a vu une petite quantité de poudre causer une grande tempête, trembler toute la ville (...) tomba par terre toutes les maisons, rejeta quelques hommes semi- morts, aux uns ôta la vue, aux autres l'ouïe, en laissa d'autres non moins déchirés que si quatre chevaux les eussent écartelés et ce par la seule agitation de l'air en la substance duquel la poudre était convertie »**

A. Paré - 1575

## Le blast

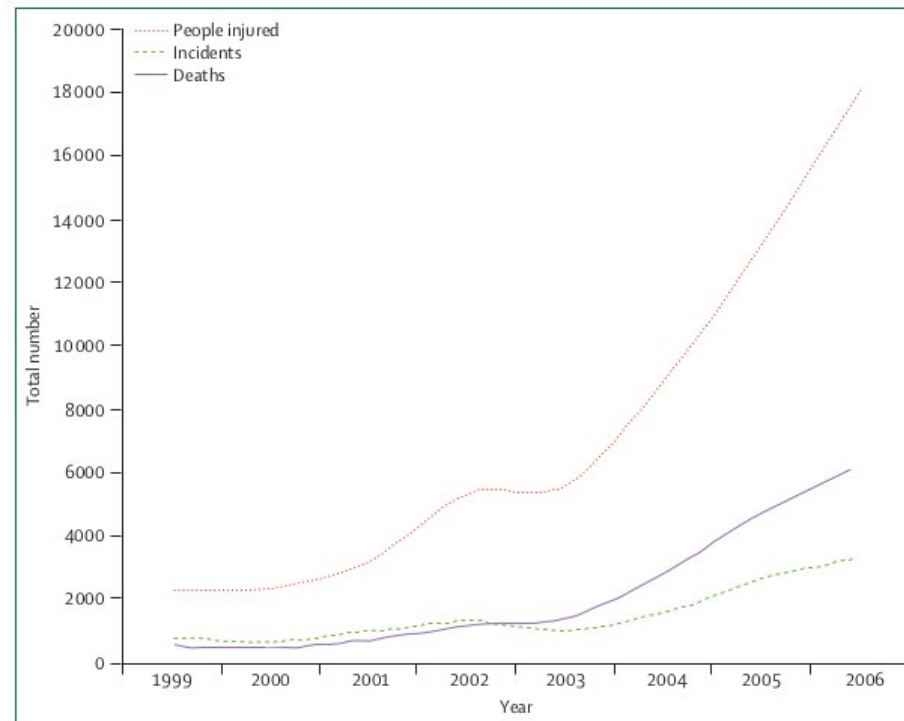
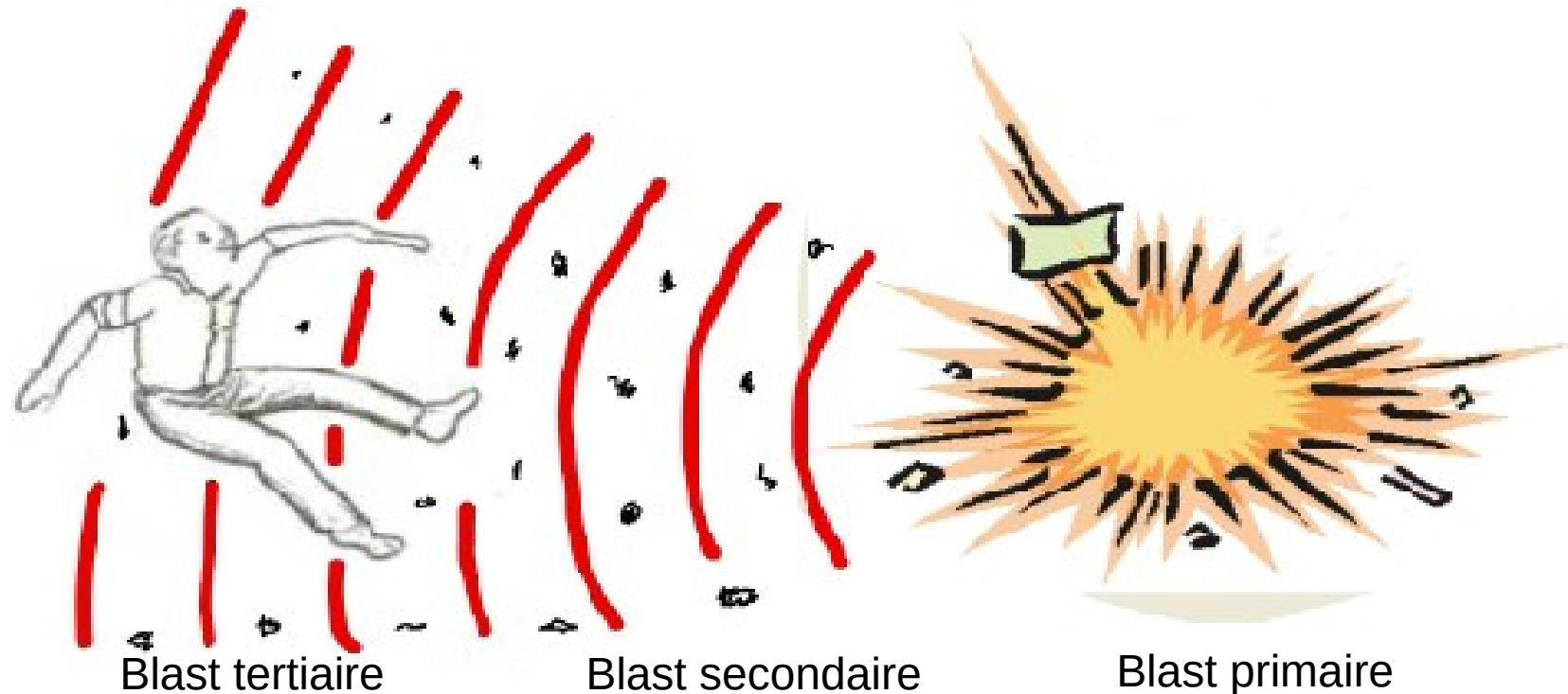


Figure 1: Worldwide trends in terrorist explosive events from 1999 to 2006

Data obtained from RAND®-MIPT Terrorism Incident Database.<sup>1</sup>

Un sujet de + en + d'actualité

***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

*« On a vu une petite quantité de poudre causer une grande tempête trembler toute la ville, tomba par terre toutes les maisons, rejeta quelques hommes semi-morts, aux uns ôta la vue, aux autres l'ouïe en laissa d'autres non moins déchirés que si quatre chevaux les eussent écartelés...et ce par la seule agitation de l'air en la substance duquel la poudre était convertie.. » Ambroise Paré 1575*

**Seul est spécifique le blast primaire**



## **Le blast : *Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

***Une explosion qui libère***

**Energie**

**Gaz**

**Chaleur**

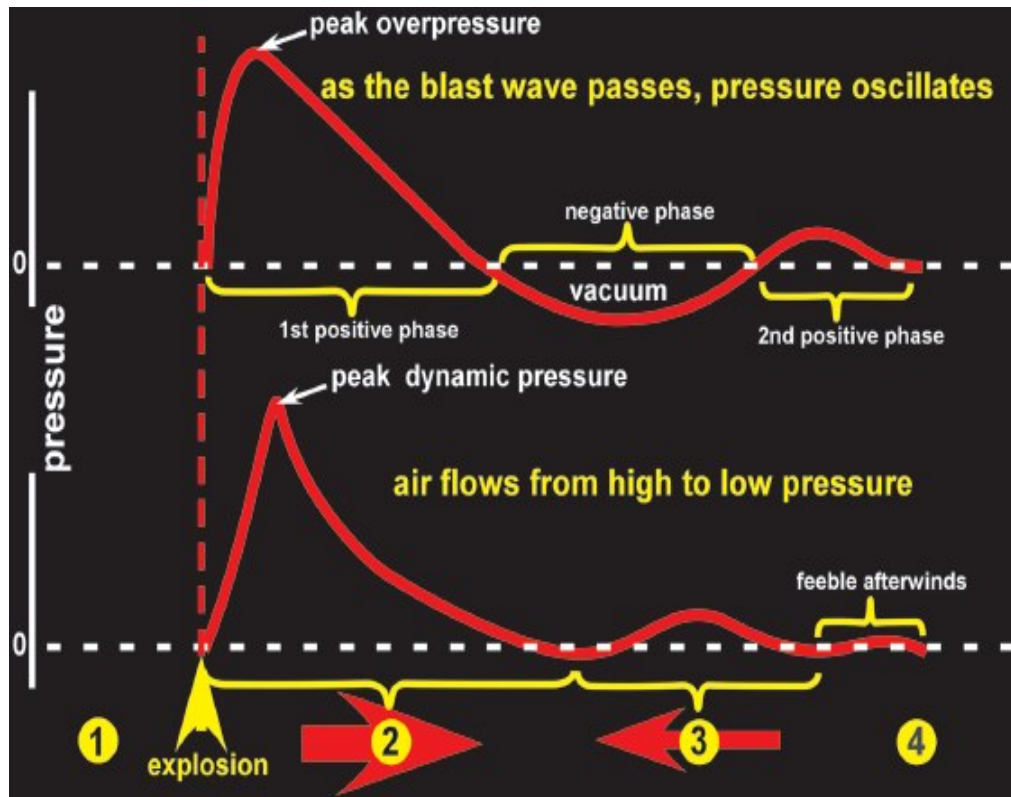
**Pression**



*Explosion Port de Beyrouth, 4 Août 2020*



## *Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu*



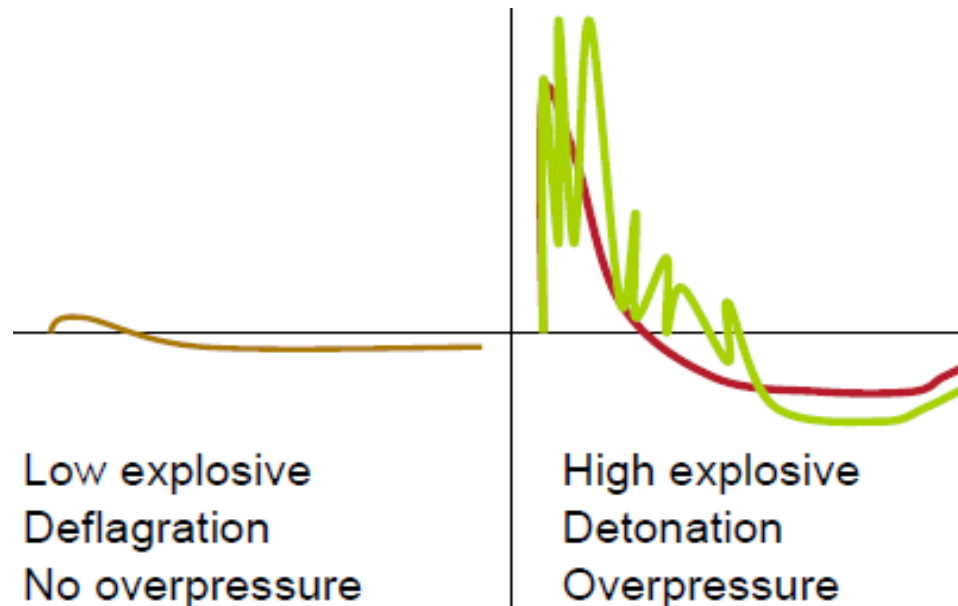
**Une onde de surpression va se propager selon le milieu à une vitesse supersonique**

Milieu aérien : 340 m/s

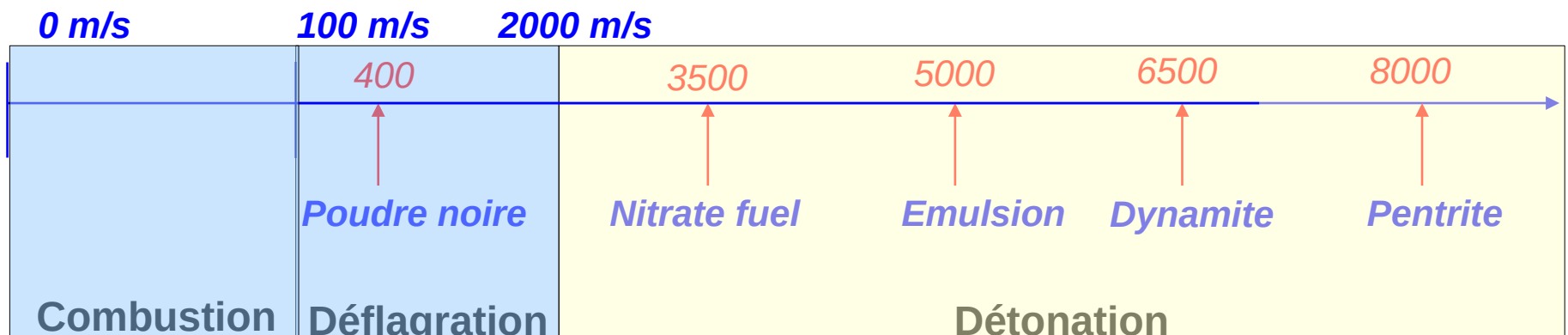
Milieu liquidien : 1500m/s

Milieu solide : 5000m/s

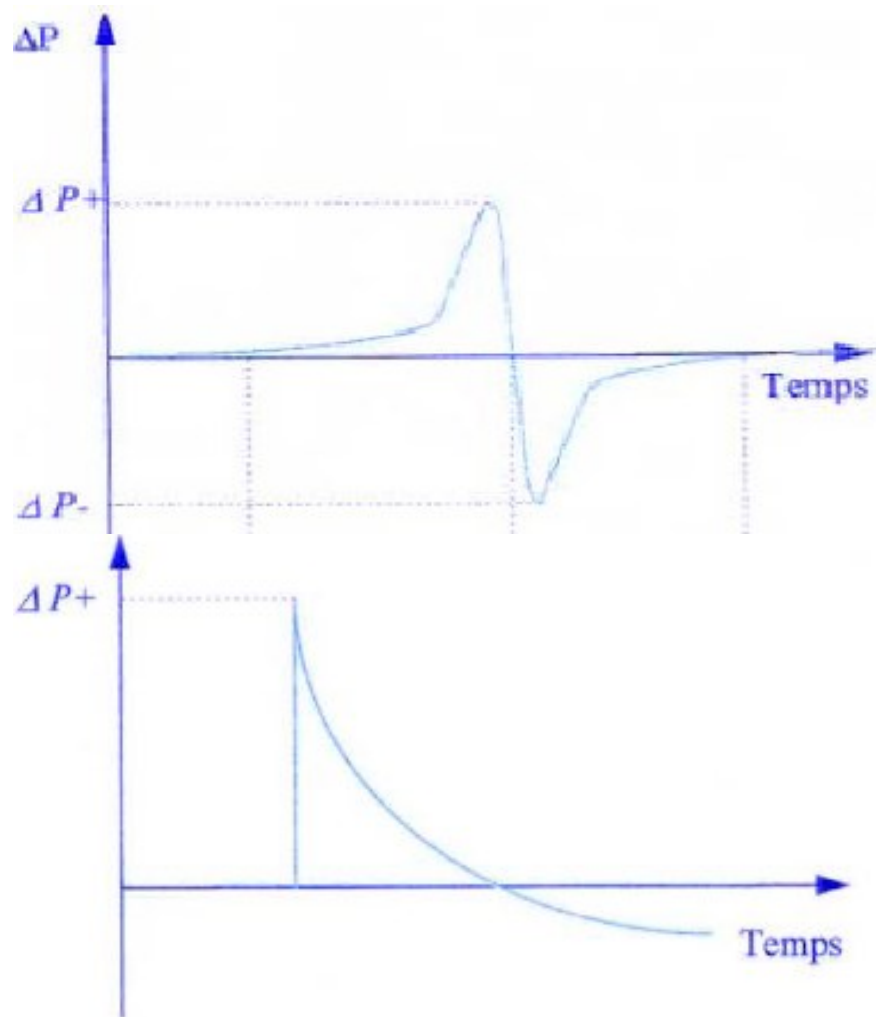
## Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu



Qui résulte de la vitesse de réaction chimique au sein de l'explosif



***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***



**Déflagration**



**Détonation**

***Pour qu'il y ait blast, il faut une détonation***



## *Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu*

### Qui dépend de nombreux facteurs

*La nature et la quantité d'explosifs utilisés*

| Threat Description                                                                                                      | Explosives Capacity <sup>1</sup> (TNT Equivalent) | Building Evacuation Distance <sup>2</sup> | Outdoor Evacuation Distance <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
|  Pipe Bomb                             | 5 LBS/<br>2.3 KG                                  | 70 FT/<br>21 M                            | 850 FT/<br>259 M                         |
|  Briefcase/<br>Suitcase Bomb           | 50 LBS/<br>23 KG                                  | 150 FT/<br>46 M                           | 1,850 FT/<br>564 M                       |
|  Compact Sedan                         | 500 LBS/<br>227 KG                                | 320 FT/<br>98 M                           | 1,500 FT/<br>457 M                       |
|  Sedan                                 | 1,000 LBS/<br>454 KG                              | 400 FT/<br>122 M                          | 1,750 FT/<br>533 M                       |
|  Passenger/<br>Cargo Van             | 4,000 LBS/<br>1,814 KG                            | 600 FT/<br>183 M                          | 2,750 FT/<br>838 M                       |
|  Small Moving Van/<br>Delivery Truck | 10,000 LBS/<br>4,536 KG                           | 860 FT/<br>262 M                          | 3,750 FT/<br>1,143 M                     |
|  Moving Van/<br>Water Truck          | 30,000 LBS/<br>13,608 KG                          | 1,240 FT/<br>378 M                        | 6,500 FT/<br>1,981 M                     |
|  Semi-Trailer                        | 60,000 LBS/<br>27,216 KG                          | 1,500 FT/<br>457 M                        | 7,000 FT/<br>2,134 M                     |

| Explosif   | Puissance | Détonation |
|------------|-----------|------------|
| TNT        | 1         | 5,1-6,9    |
| Dynamite   | 0,9       | 4-6        |
| C4         | 1,4       | 6,8-8      |
| Amonium/FO | 0,8       | NA         |
| PETN       | 1,3       | 7,9        |
| Tétryl     | 1,2       | 7          |

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

### **Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'onde de pression s'atténue plus ou moins en fonction du milieu*

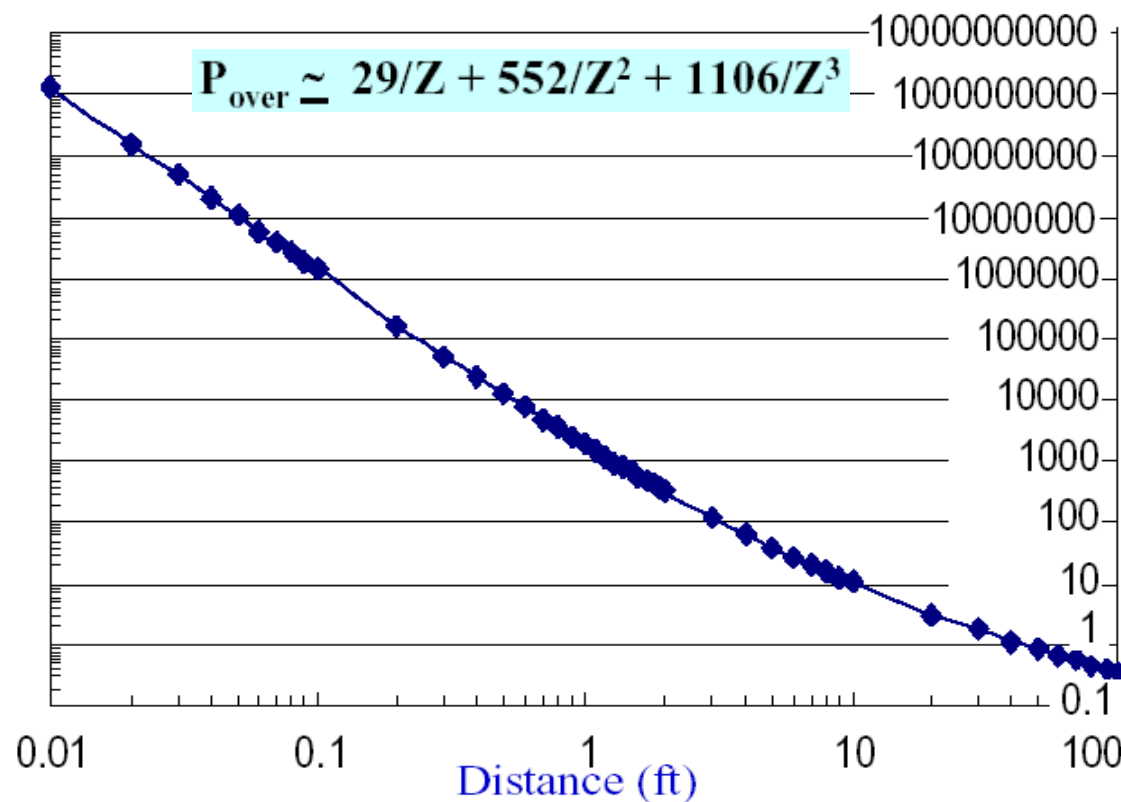
| Air                     | Distance | Eau        |
|-------------------------|----------|------------|
| 0 kPa                   | 3000 m   | 52 kPa     |
| 52 kPa                  | 15 m     | 11 730 kPa |
| 1380 kPa                | 5 m      | 34 500 kPa |
| 50 kg TNT = 172 500 kPa |          |            |

***Plus on est loin, et moins on est soumis aux effets, surtout dans l'air***

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*La distance de l'explosion*



$1/X^3$



$1/X^2$



$1/X$

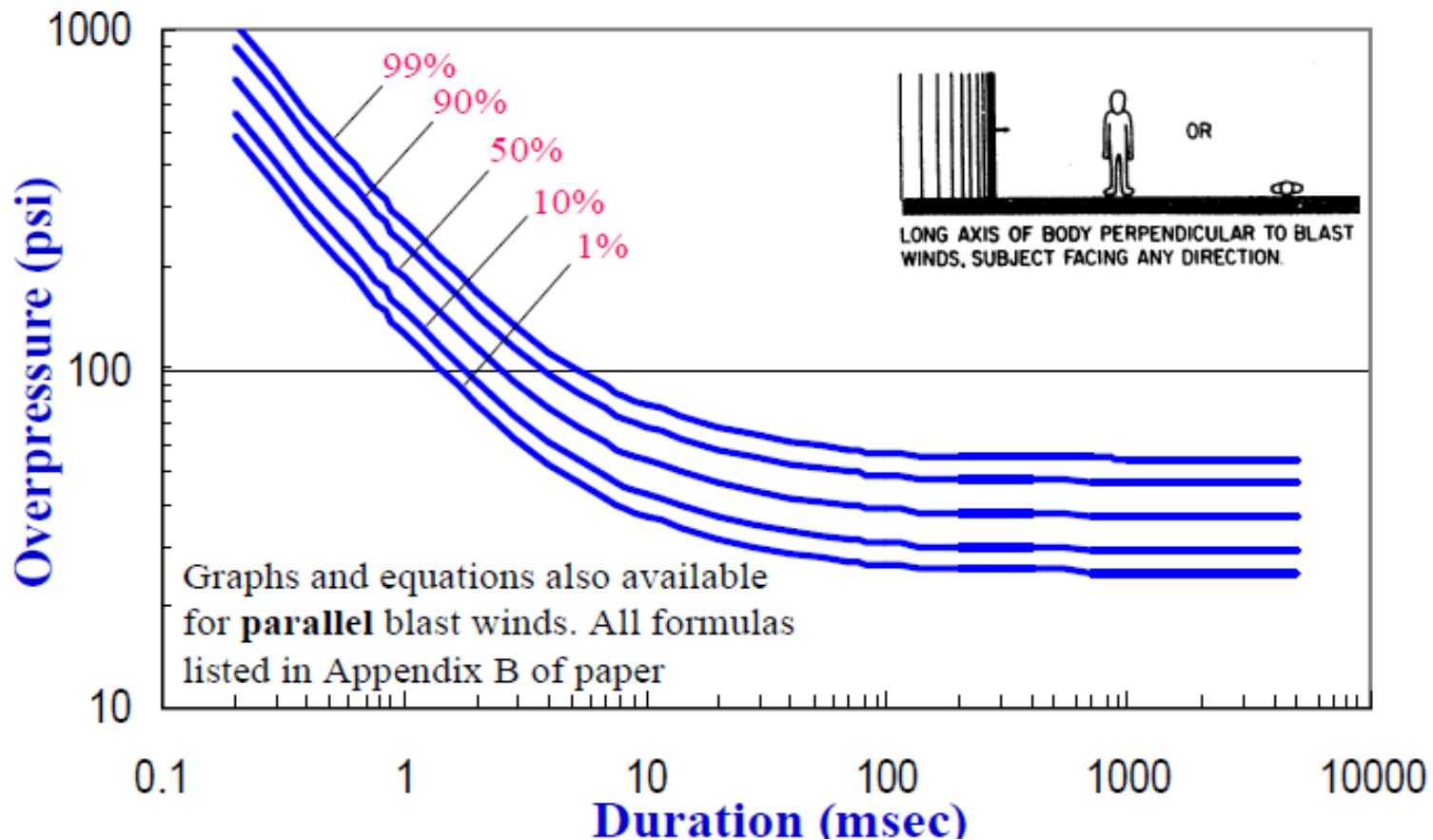


***La présence de parois de réflexion renforce les effets de la surpression***

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

### **Qui dépend de nombreux facteurs**

*La position de l'organisme par rapport au front de l'onde de pression*

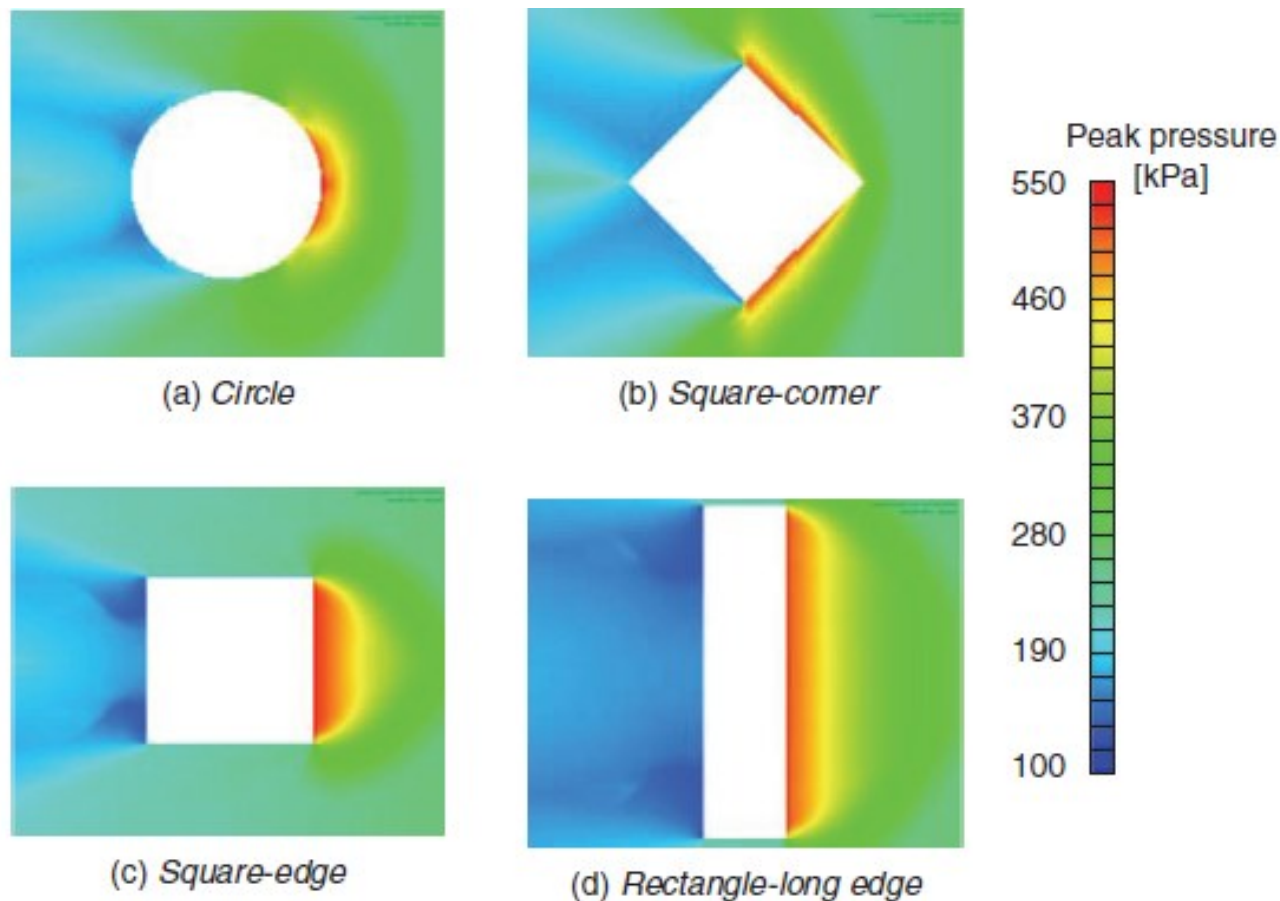




## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence parois de réflexion de l'onde de pression*



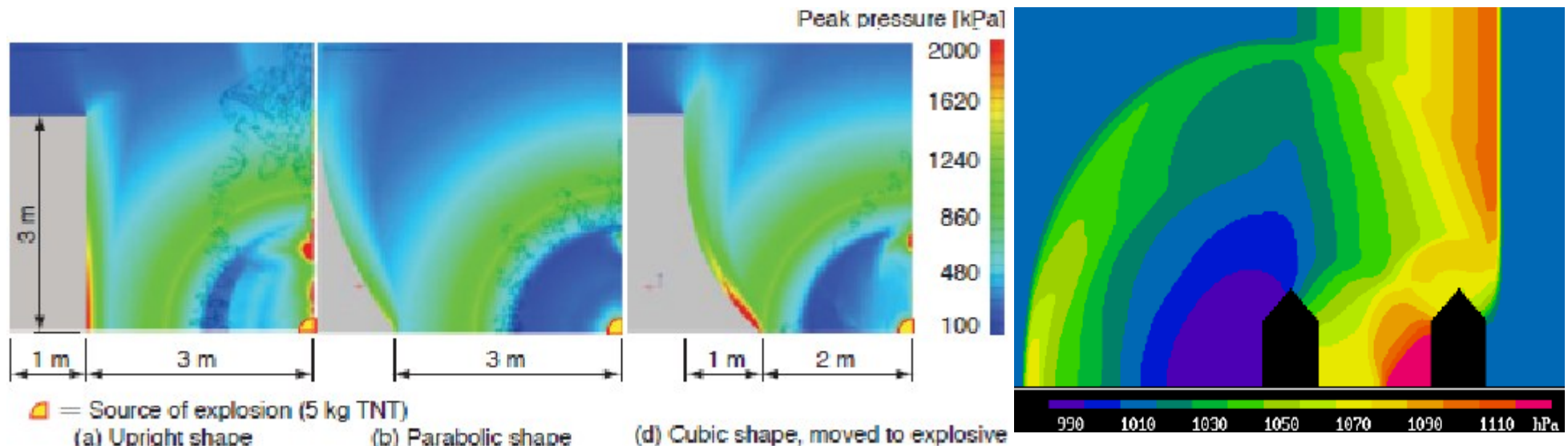
*qui peuvent protéger*

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence parois de réflexion de l'onde de pression*

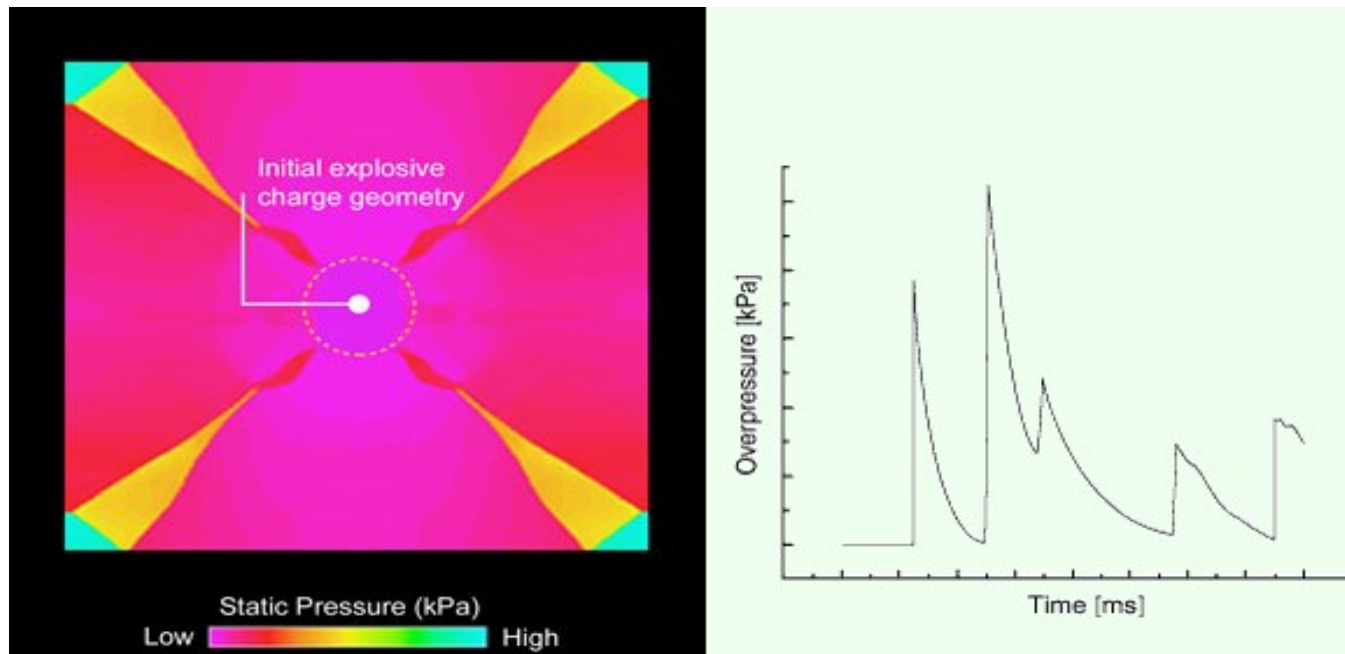
*Mais aussi aggraver*



## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence parois de réflexion de l'onde de pression*



***Les pics de pression sont beaucoup plus élevés en cas de milieu clos***

1 mort pour 25 victimes à l'air libre, 1 pour 12 en espace clos et 1 pour 4 en cas de dégâts structuraux importants

Arnold JL et Al. Mass casualty terrorist bombings: A comparison of outcomes by bombing type. Ann Emerg Med. 2004;43(2):263–73.

***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu*****Qui dépend de nombreux facteurs****Table 2.** Place of explosion and mortality and injury severity (%)

|                  | <b>Open<br/>space</b> | <b>Enclosed<br/>space</b> | <b>Bus</b> |
|------------------|-----------------------|---------------------------|------------|
| Mortality        | 2.8                   | 15.8                      | 20.8       |
| ISS > 15         | 6.8                   | 11.0                      | 11.0       |
| Multiple injury  | 4.7                   | 11.1                      | 7.8        |
| Surgery required | 13.5                  | 17.6                      | 14.9       |
| ICU required     | 5.3                   | 13.0                      | 11.3       |

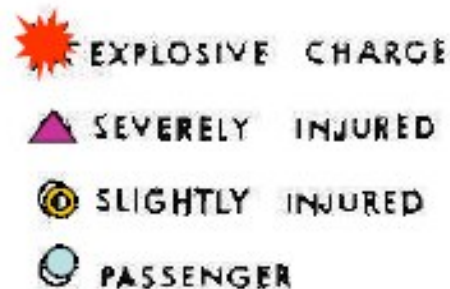
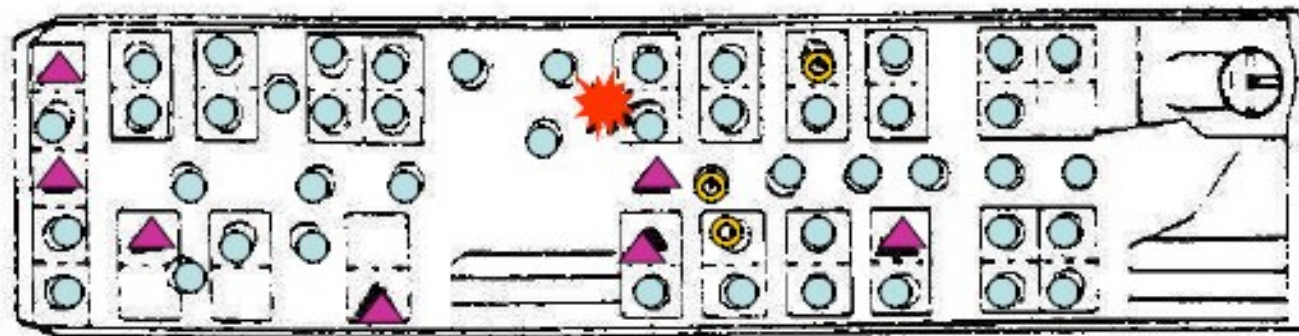
*En milieu clos, des pics de pression **ET** une mortalité plus élevés*



## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence de parois de réflexion de l'onde de pression*



**6 kg de TNT 5 ATA pdt 2-3 ms**

**6 DC, 55 survivants,**

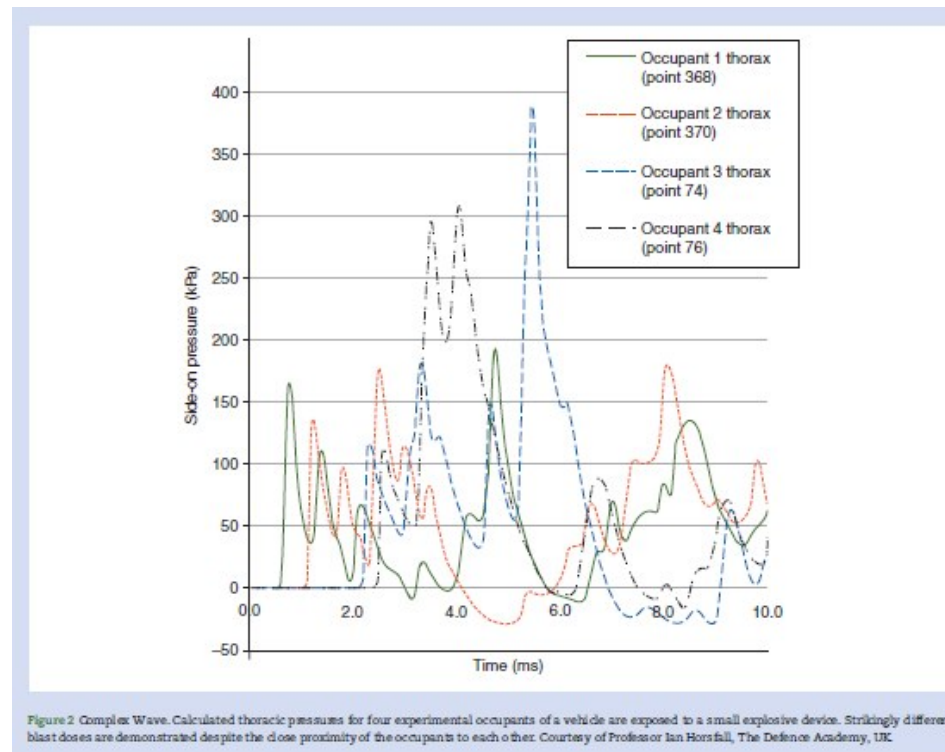
**29 hospitalisés**

***En milieu clos, ceux qui meurent ne sont pas toujours les + proches de l'explosif***

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

### **Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence de parois de réflexion de l'onde de pression*

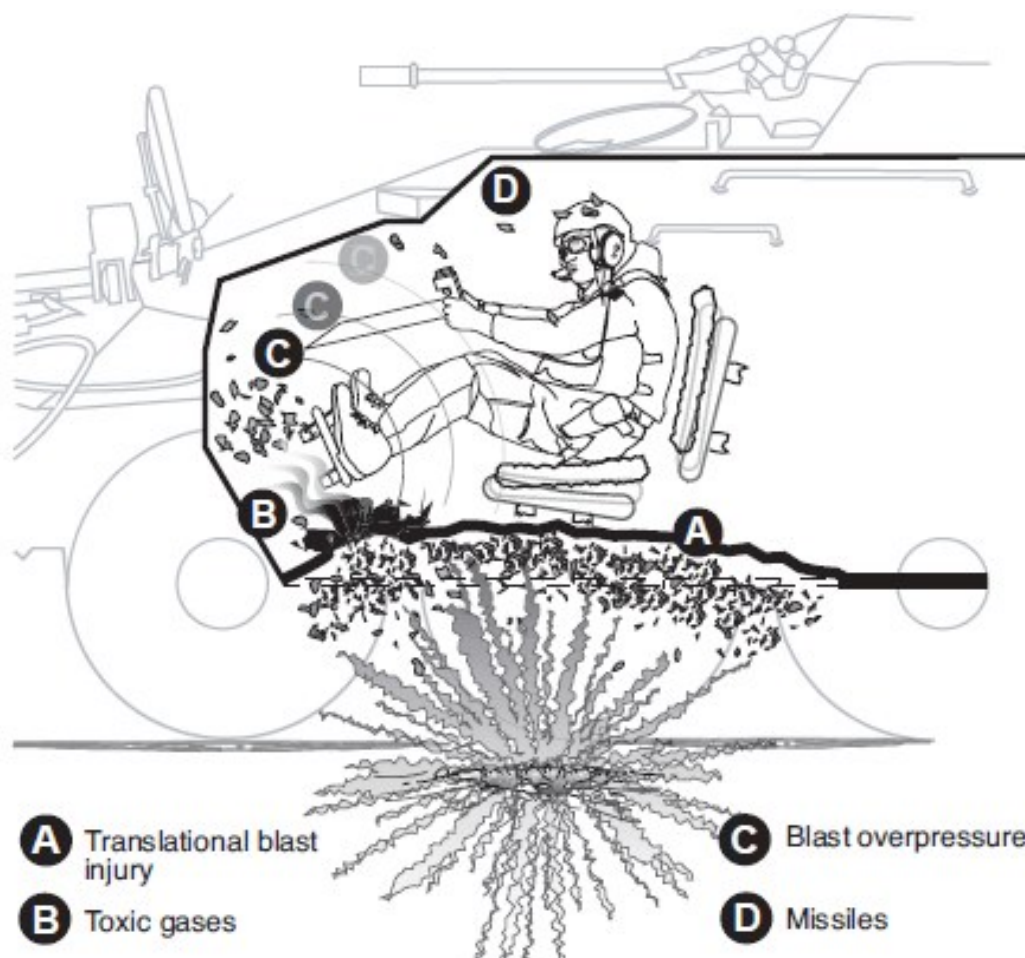


***En milieu clos, ceux qui meurent ne sont pas toujours les + proches de l'explosion***

## ***Une augmentation brutale et rapide de la pression du milieu***

**Qui dépend de nombreux facteurs**

*L'existence de parois de réflexion de l'onde de pression*



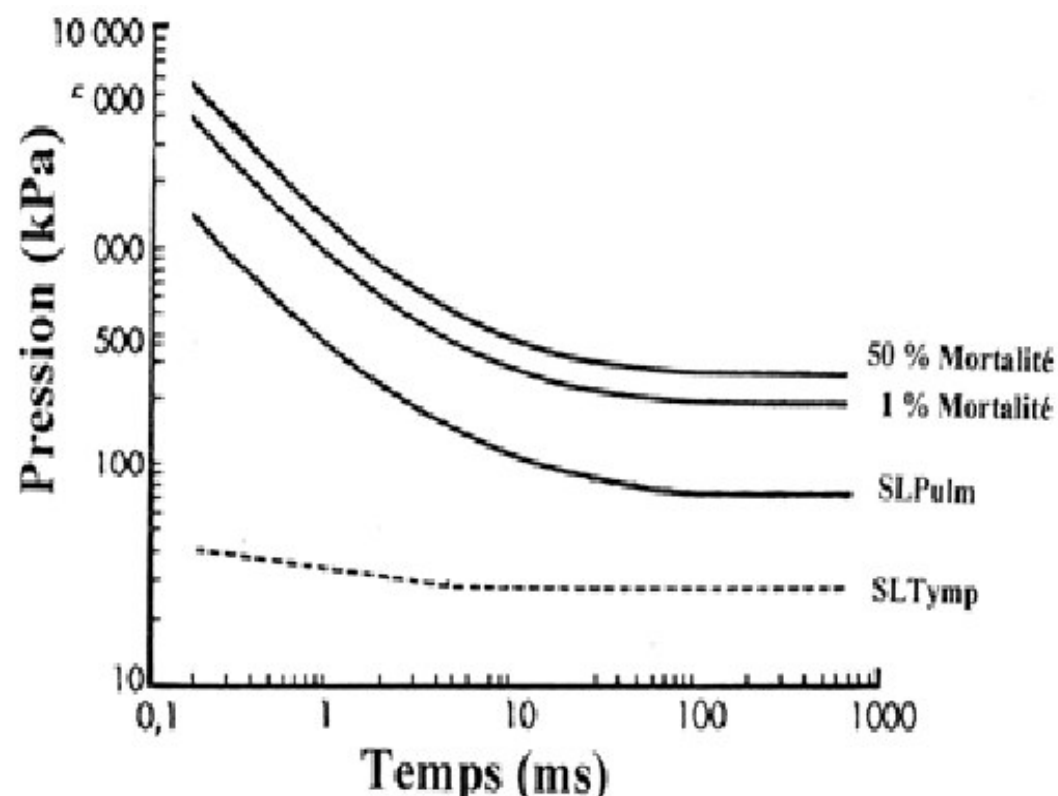
***Cela est aussi le cas à l'intérieur des véhicules blindés***

## ***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**Cette onde de pression entraîne des dégâts**

*Sur l'environnement et l'homme*

| kPa | Effets                         |
|-----|--------------------------------|
| 7   | Bris de vitres                 |
| 15  | Fissuration de plâtre          |
| 35  | Bris de murs de brique         |
| 35  | Seuil tympanique               |
| 100 | 50% Perforation tympan         |
| 175 | Seuil pulmonaire               |
| 300 | Destruction murs en béton      |
| 500 | <b>50% lésions pulmonaires</b> |
| 800 | Seuil de mortalité             |



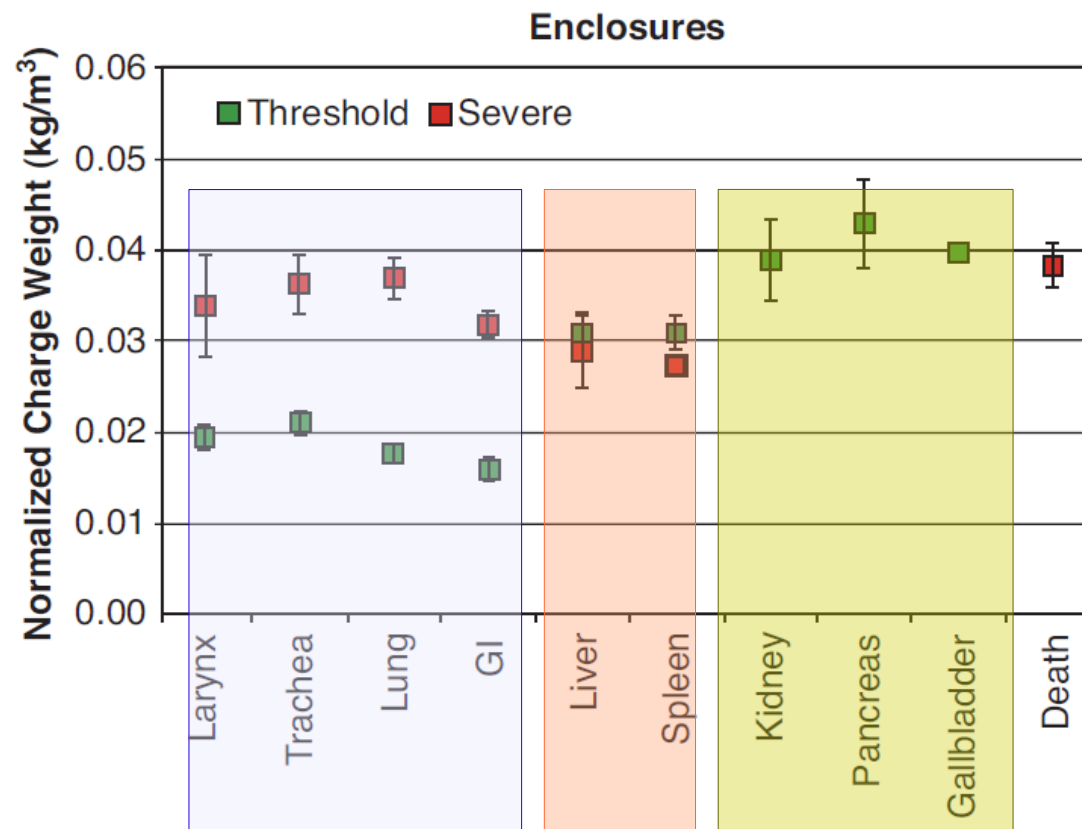
**Le corps humain se défend assez bien contre les effets de la pression**



## ***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**Cette onde de pression entraîne des dégâts**

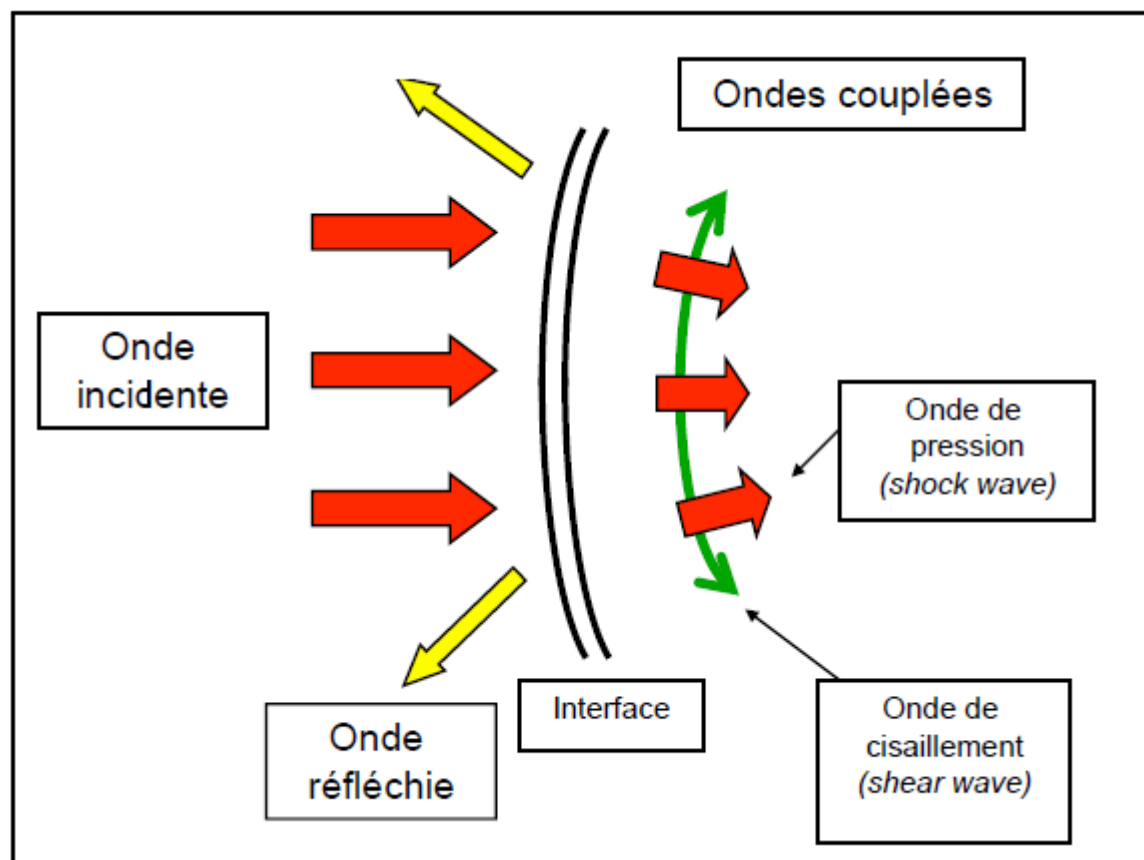
*3 groupes d'organes*



**Le corps humain se défend assez bien contre les effets de la pression**

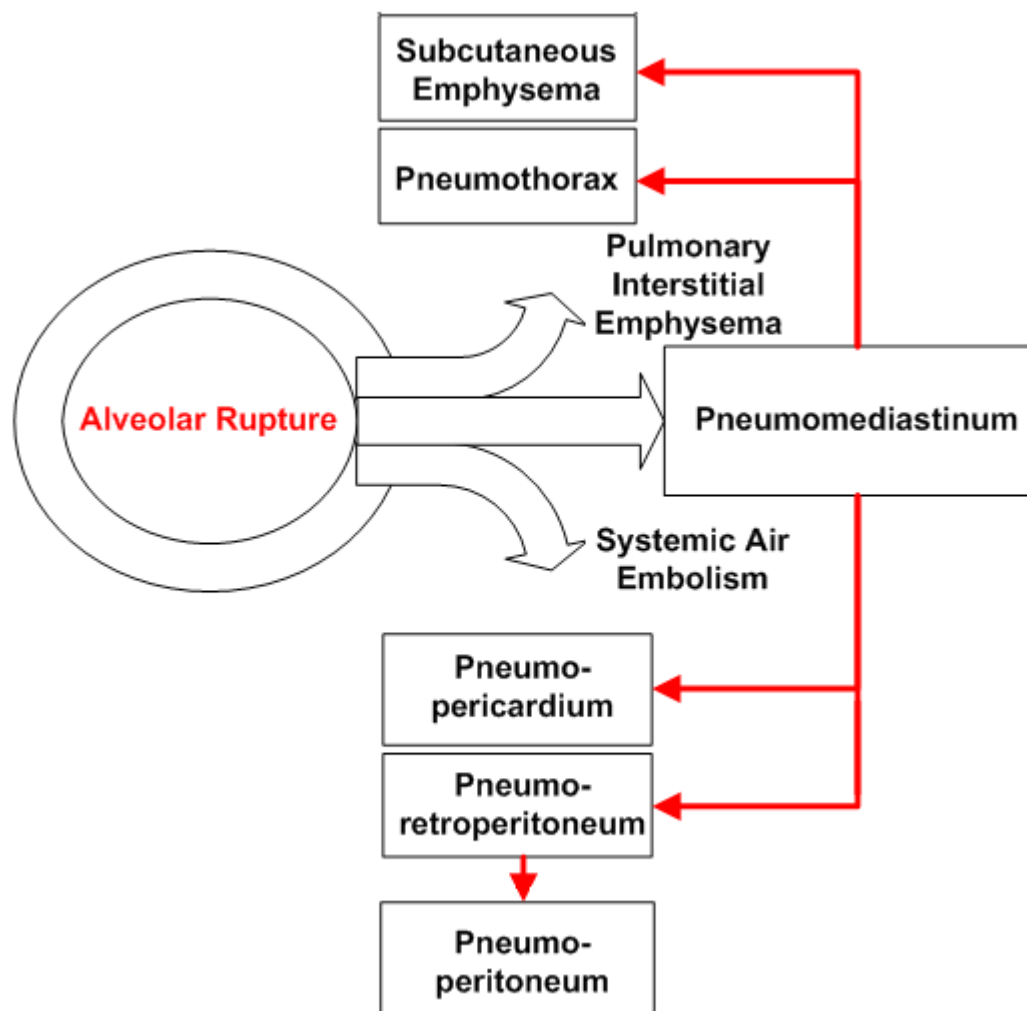
***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**Les lésions concernent surtout des organes contenant de l'air**



***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**Les lésions concernent surtout des organes contenant de l'air**



***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**Les lésions concernent surtout des organes contenant de l'air**



Le tympan

16% des blessés blastés

J Trauma. 2008;64:S174 -S178.



Le poumon



Le tube digestif

Rare en milieu aérien

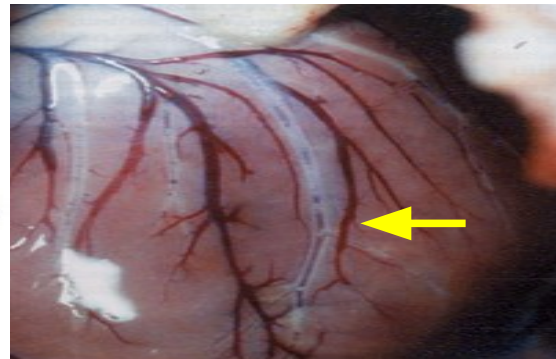
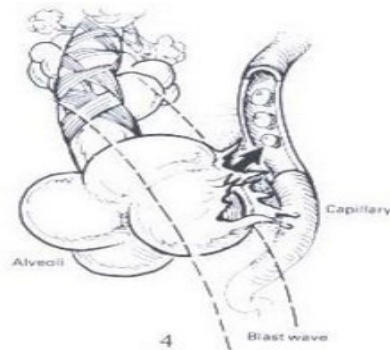
Surtout colique

***Mais pas uniquement***

***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

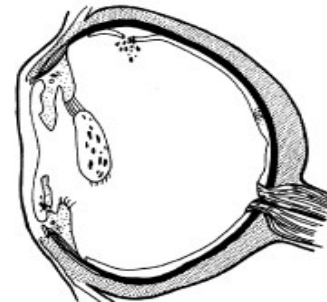
**D'autres organes qu'aériens sont concernés**

***Le cœur par dysautonomie et possibles embols coronaires***



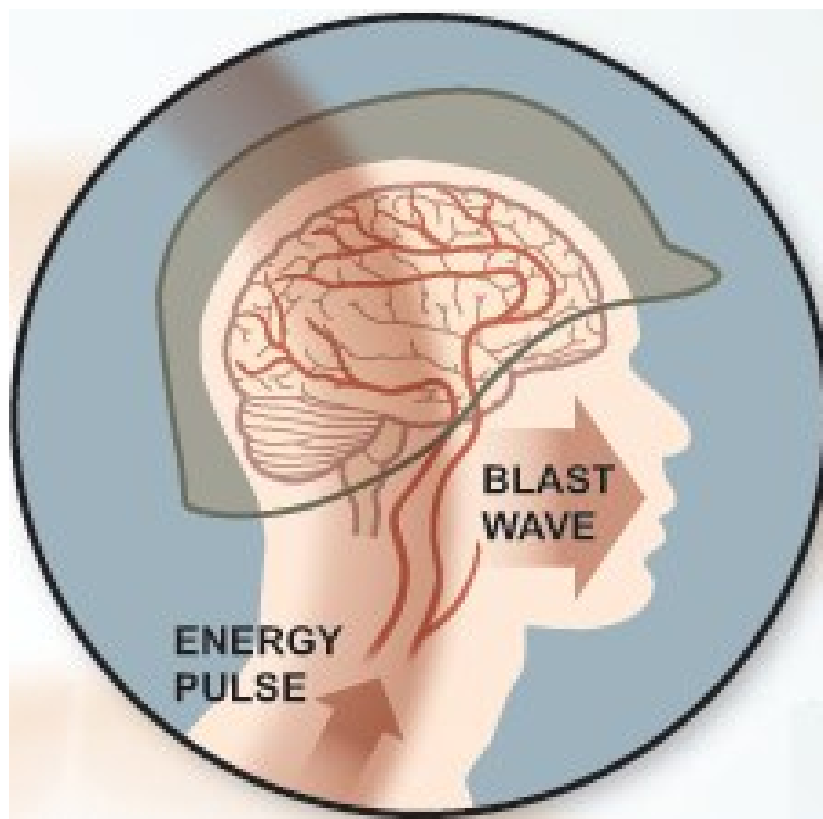
Blast Injuries: Biophysics, Pathophysiology and Management Principles - Horrock CL

**Les yeux**



**Syndrome compartimental**



***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques*****D'autres organes qu'aériens sont concernés****Le cerveau****Syndrome compartimental****Blast  
arrive****+ 0.23 ms****+ 0.38 ms****+ 0.55 ms****+ 0.65 ms**

***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**D'autres organes qu'aériens sont concernés**

**Le cerveau**



**Walter Reed OIF/OEF  
TBI Experience**

Initial 433 patients with TBI seen at WRAMC  
from 1/03 to 4/05

- **68% of injuries were due to explosion/blast**
- **88.5% were closed TBI**
- 95.4% were male, with a modal age of 21 years
- **Post Traumatic Amnesia (PTA)  $\leq$  24 hours: 43%**
- Mortality after reaching Walter Reed was 0.9%

Warden et al., Journal of Neurotrauma 2005; 22:1178

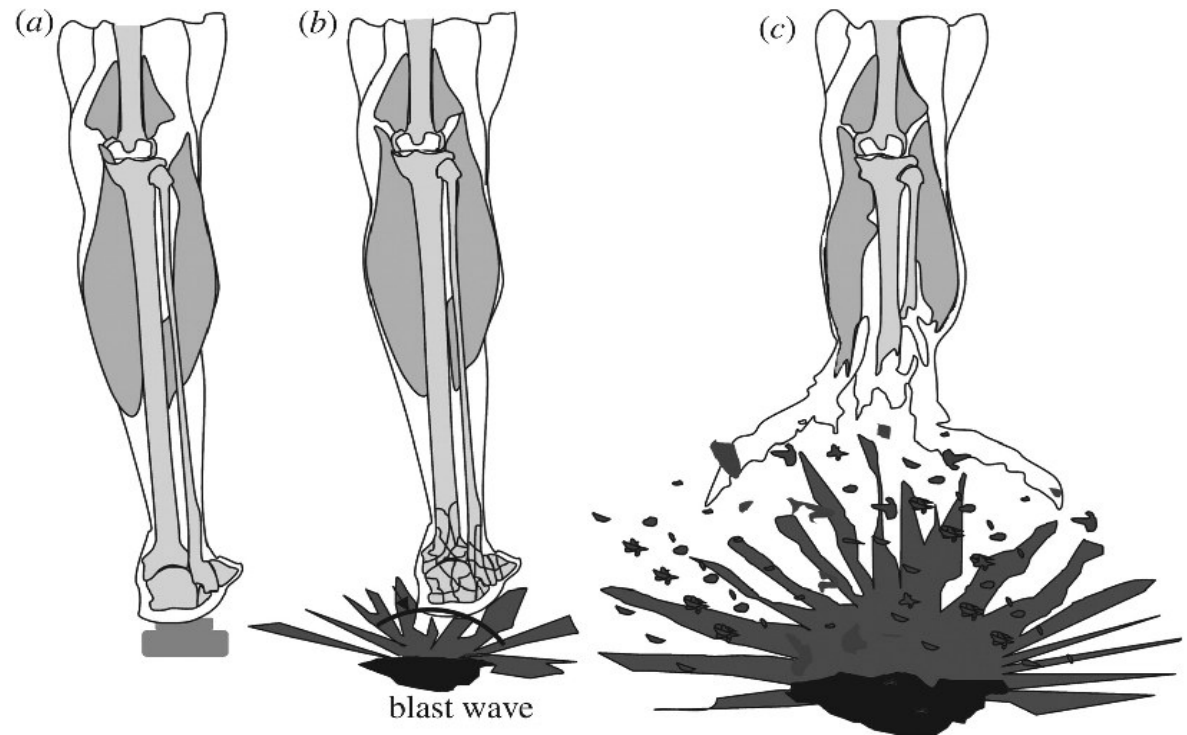
***Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques***

**D'autres organes qu'aériens sont concernés**

### Les membres



*Amputation, par blast aérien*



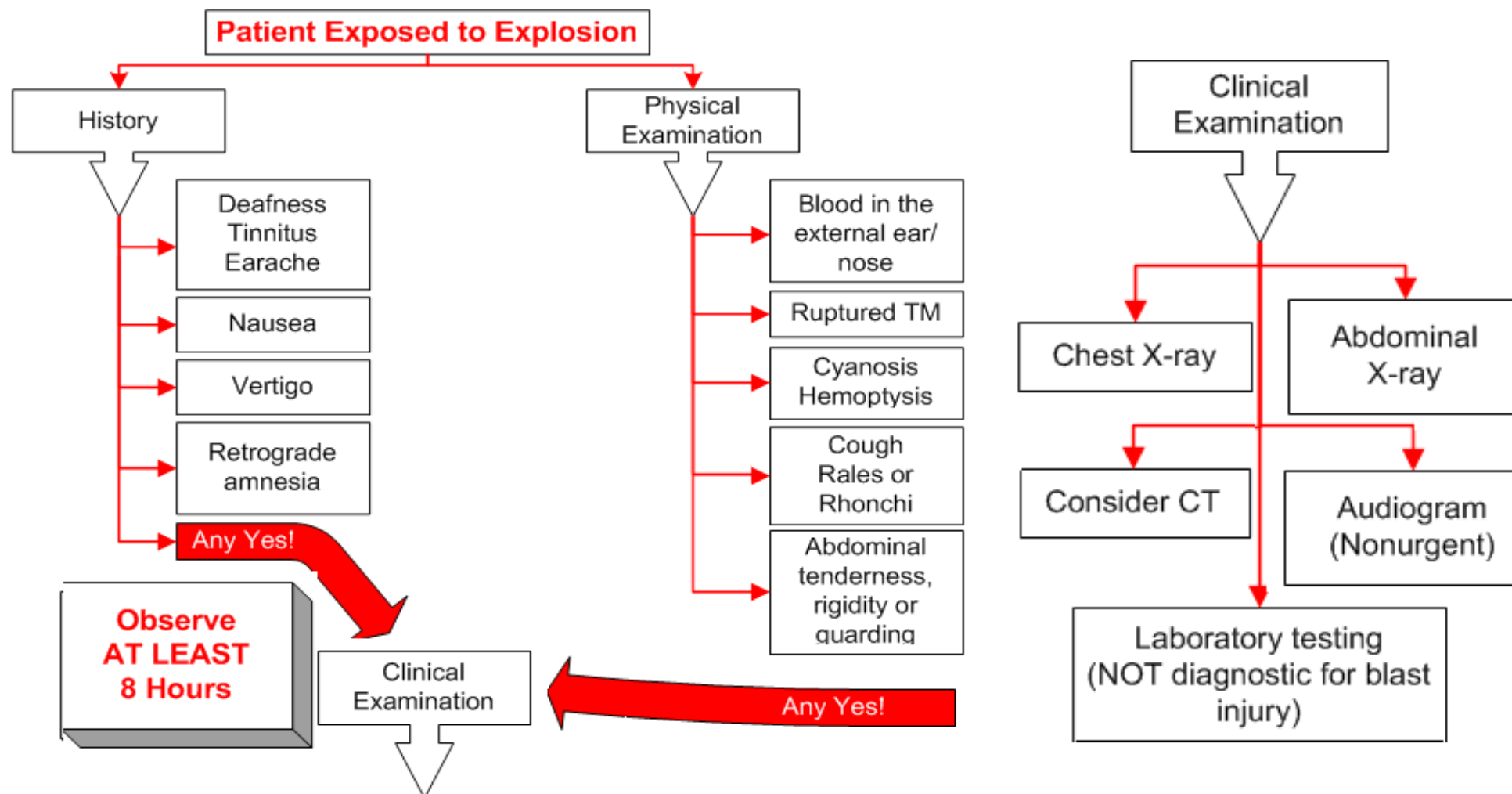
*Le pied de mine, par blast solidien*



**Syndrome compartimental**

## Seules les lésions de blast primaire sont spécifiques

### Principes de triage



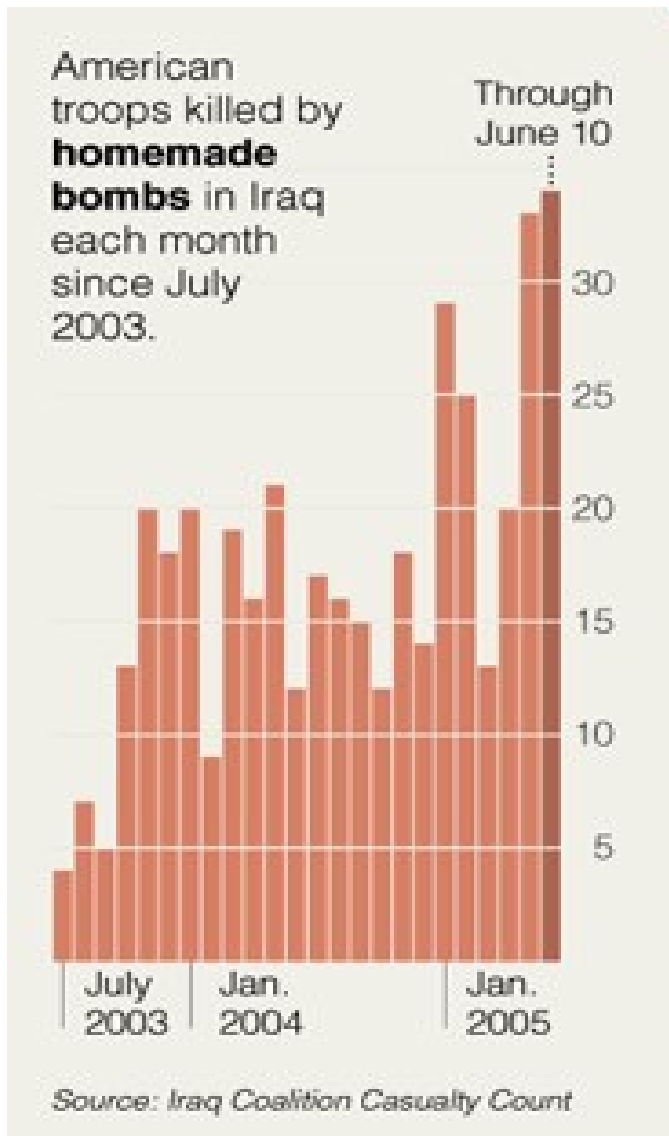
# **IED**

***Improvised explosive device***

***Engins explosifs improvisés***

***Engins explosifs de circonstance***





**Table 1** Mechanism of Injury of All Wounded and Killed Combatants

| Mechanism of Injury | Killed | Wounded | Percent |
|---------------------|--------|---------|---------|
| GSW                 | 3      | 19      | 22      |
| Explosion           | 18     | 60      | 78      |
| IED                 | 12     | 41      | 53      |
| Mortar              | 1      | 17      | 18      |
| RPG                 | 0      | 2       | 2       |
| Missile             | 5      | 0       | 5       |
| Total               | 21     | 79      | 100     |

**Les IED sont la cause principale des lésions observées en afghanistan**

IED : Trois grands modes de délivrance



| ATF | Vehicle Description         | Maximum Explosives Capacity             | Lethal Air Blast Range | Minimum Evacuation Distance | Falling Glass Hazard       |
|-----|-----------------------------|-----------------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|     | Compact Sedan               | 500 pounds<br>227 Kilos<br>(In Trunk)   | 100 Feet<br>30 Meters  | 1,500 Feet<br>457 Meters    | 1,250 Feet<br>381 Meters   |
|     | Full Size Sedan             | 1,000 Pounds<br>455 Kilos<br>(In Trunk) | 125 Feet<br>38 Meters  | 1,750 Feet<br>534 Meters    | 1,750 Feet<br>534 Meters   |
|     | Passenger Van or Cargo Van  | 4,000 Pounds<br>1,818 Kilos             | 200 Feet<br>61 Meters  | 2,750 Feet<br>838 Meters    | 2,750 Feet<br>838 Meters   |
|     | Small Box Van (14 Ft. box)  | 10,000 Pounds<br>4,545 Kilos            | 300 Feet<br>91 Meters  | 3,750 Feet<br>1,143 Meters  | 3,750 Feet<br>1,143 Meters |
|     | Box Van or Water/Fuel Truck | 30,000 Pounds<br>13,636 Kilos           | 450 Feet<br>137 Meters | 6,500 Feet<br>1,982 Meters  | 6,500 Feet<br>1,982 Meters |
|     | Semi-Trailer                | 60,000 Pounds<br>27,273 Kilos           | 600 Feet<br>183 Meters | 7,000 Feet<br>2,134 Meters  | 7,000 Feet<br>2,134 Meters |

*Suicide Bomb IED*

*Package type IED*

*Vehicle borne IED (VB IED)*

*Homme ou animal*

*4 roues, 2 roues, bateau*

Une imagination sans limites

## IED : Plusieurs modes de déclenchement

Mécanique (pression plate)

Commande filaire (« command wire IED », CWIED)

Radio contrôlé (« radio controlled IED, RCIED)

Déclenché par téléphone (« cell phone IED, RCEID)

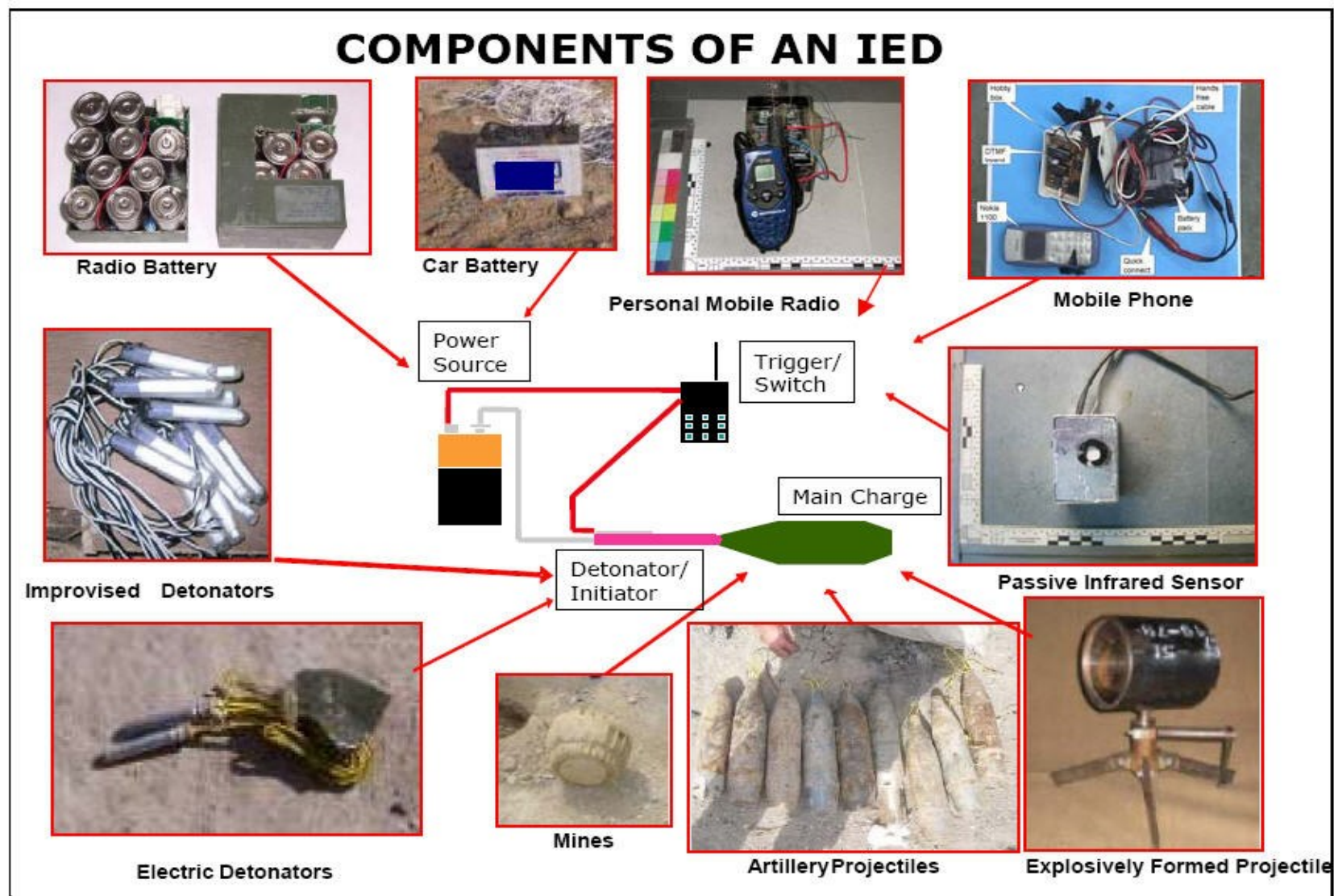
Déclenché par la victime (« victime-operated IED, VOIED)

Déclenché par infrarouge





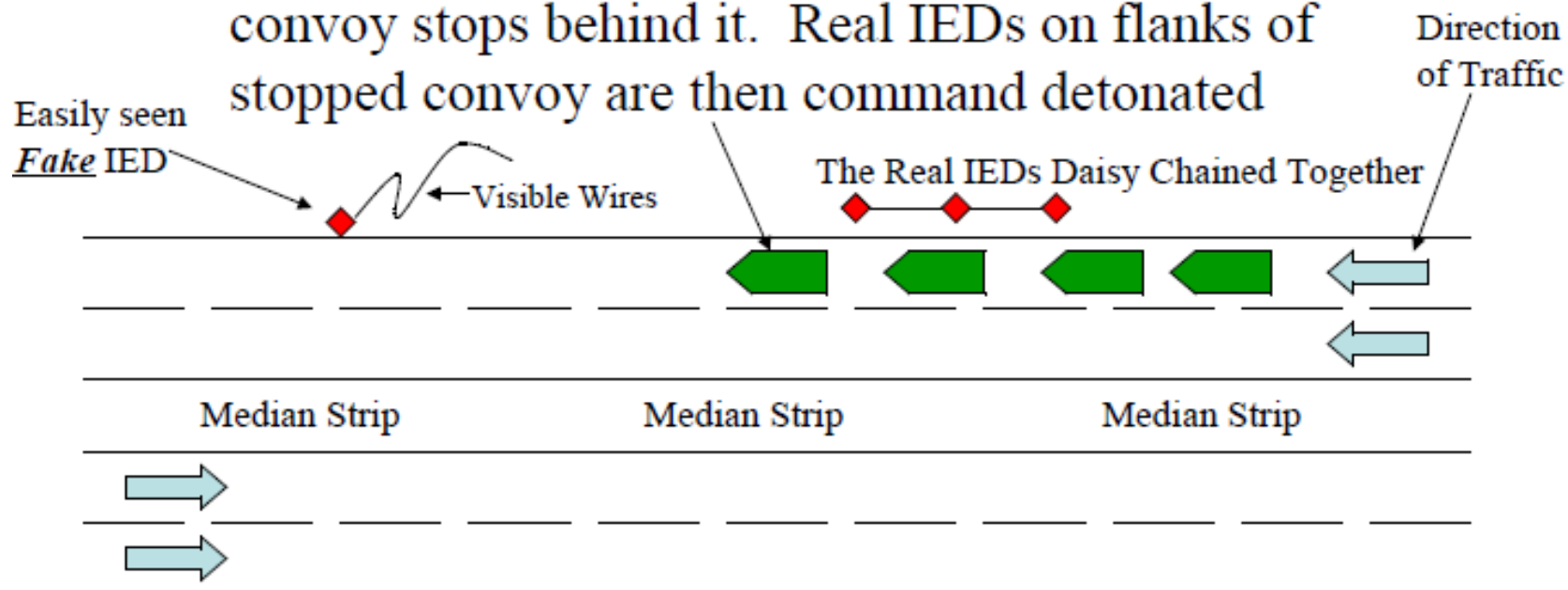
## IED : Une grande variété



## IED : Des mises en oeuvre variées

### *The “Fiendishly Clever” IED Attack*

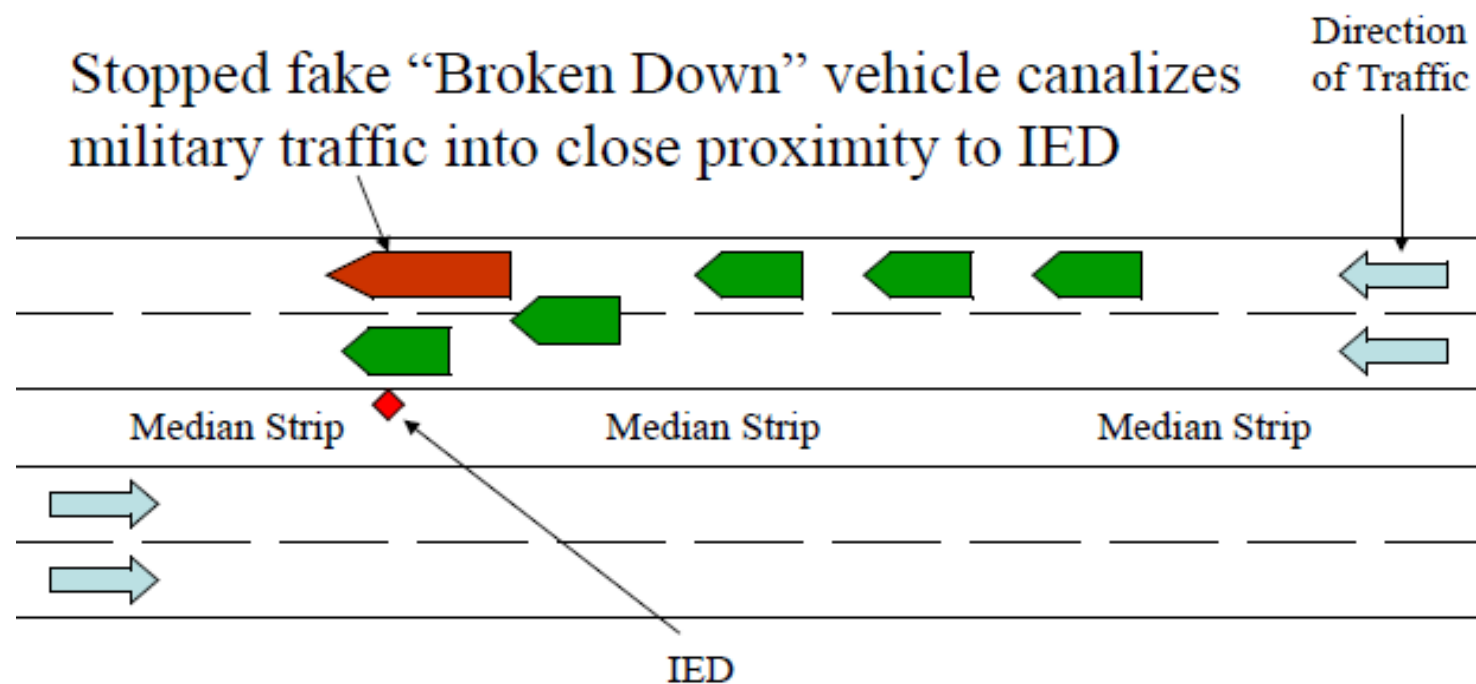
Lead vehicle sees fake IED and stops. The convoy stops behind it. Real IEDs on flanks of stopped convoy are then command detonated





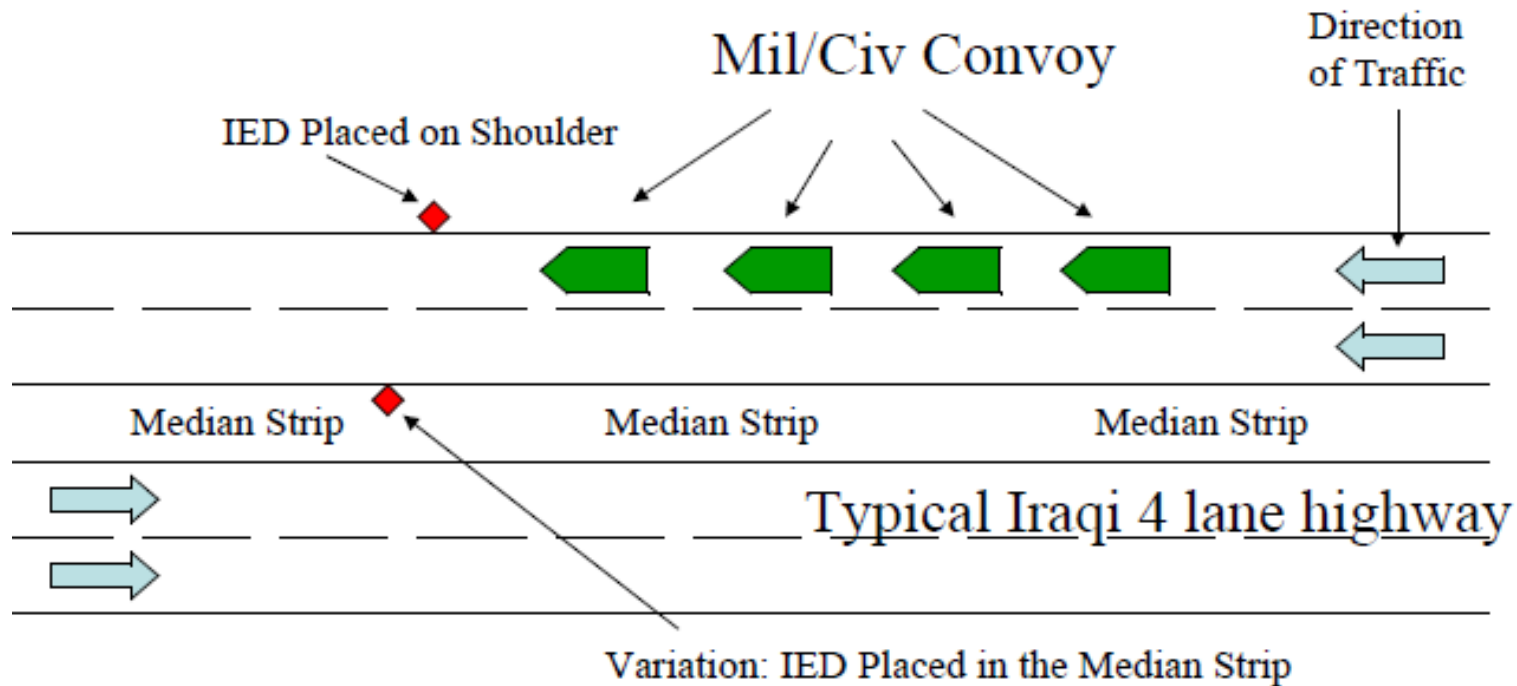
## IED : Des mises en oeuvre variées

### *The “Broken Down Vehicle” IED Attack*

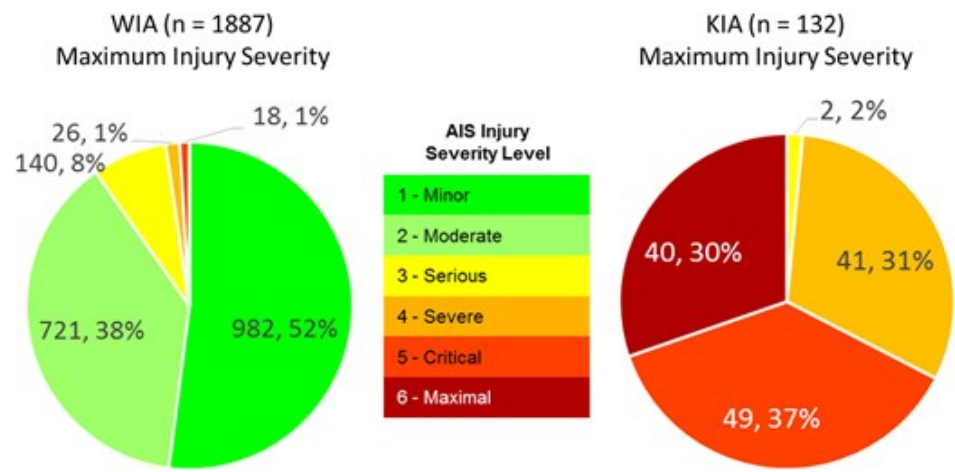


## IED : Des mises en oeuvre variées

### *The Basic “No Frills” IED Attack*



IED : Relative spécificité des lésions des combattants embarqués



WIA Top 5 Most Frequent AIS 2+ Injuries in UBB Events (Total WIA Injuries = 2,765)

| WIA Injury Rank | WIA Injury, Severity Range         | WIA Injury Count, Percent of WIA Injuries |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1               | Concussion (AIS 2)                 | 608 (22%)                                 |
| 2               | Foot fractures (AIS 2)             | 353 (13%)                                 |
| 3               | Tibia/fibula fractures (AIS 2-3)   | 317 (11%)                                 |
| 4               | Lumbar spine fractures (AIS 2)     | 301 (11%)                                 |
| 5               | Thoracic spine fractures (AIS 2-3) | 233 (8%)                                  |

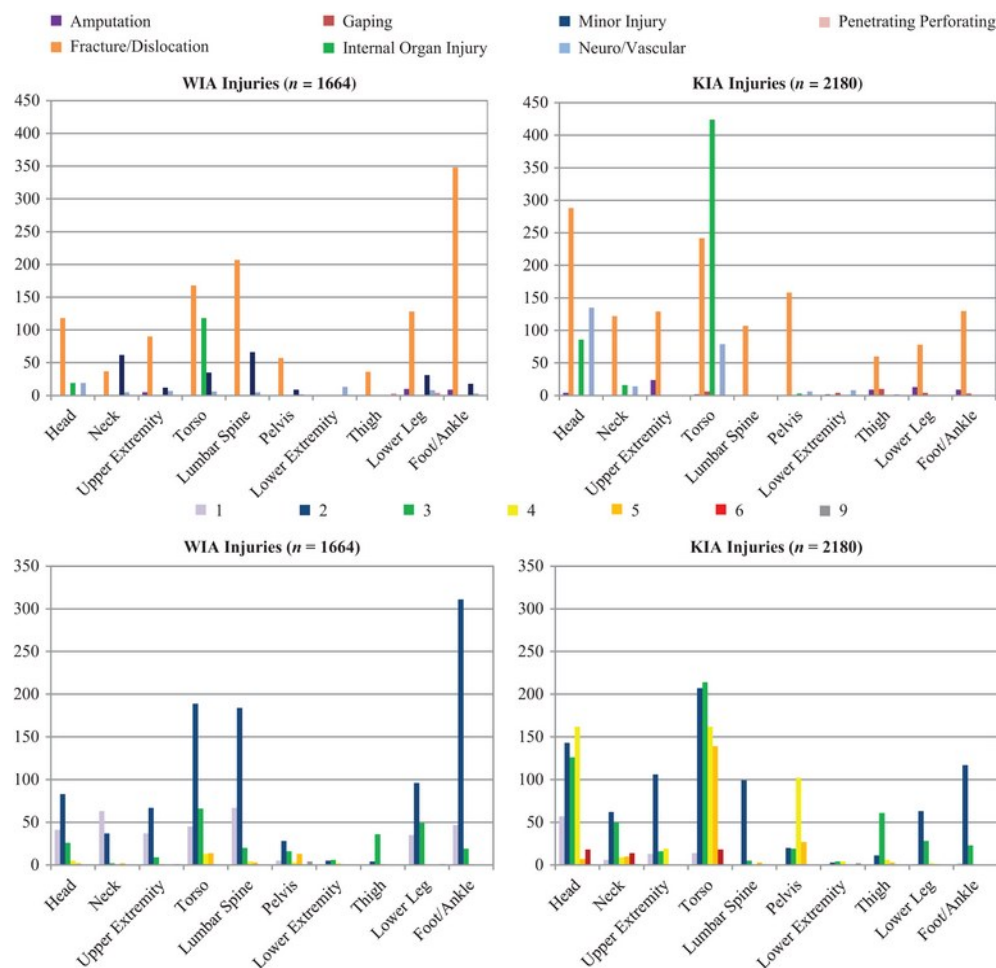
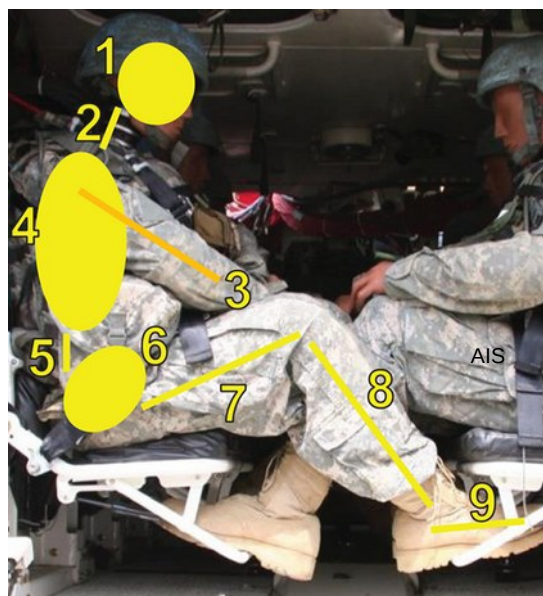
« After excluding WIA casualties with only AIS 1 injuries (n = 982) and those with **concussion as their only significant injury (n = 431)**,

there were 474 WIAs, of which 426 sustained a skeletal fracture (89.8%) »

«The majority, **90%, of WIA had an MAIS of 1 or 2**, while 98% of the KIA Service Members had an MAIS of 4 or greater»

## IED : Relative spécificité des lésions des combattants embarqués

≈ 4 lésions par blessé



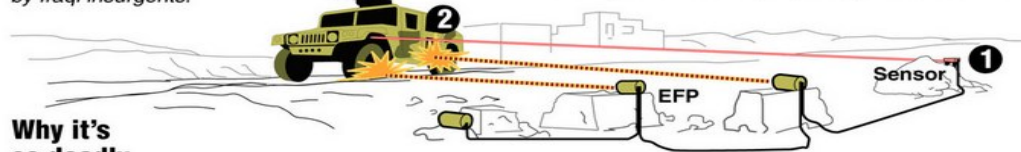
« Wounded in action individuals suffered primarily from foot/ ankle injuries (23%) and torso injuries (20%) with a high incidence of lumbar spine injuries (17%), whereas KIAs suffered primarily from torso injuries (35%) and head injuries (24%) »

## IED : Les « explosively formed penetrator »

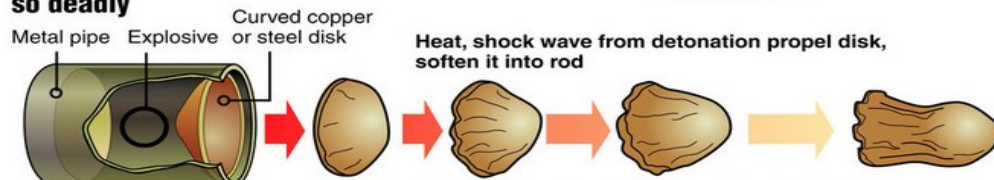
### Powerful roadside bomb

The explosively formed penetrator (EFP), designed to pierce armor at long distances, is being used by Iraqi insurgents.

1. Vehicle trips sensor, detonates EFP
2. Projectile hits at high speed, penetrates armor



#### Why it's so deadly



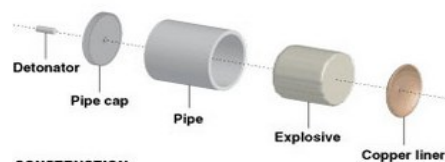
Example: 1 lb. (500 g) rod traveling about 1.2 mi. (2 km) per sec. can pierce more than 4 in. (10 cm) of hardened steel armor

Source: Air Force Research Laboratory, Global Security Graphic: Lee Hulteng, Judy Treible

© 2007 MCT



### Explosively Formed Penetrators A particularly deadly type of roadside bomb favored by Shiite militias in Iraq.



#### CONSTRUCTION

Each explosively formed penetrator, or E.F.P., consists of a short section of metal pipe packed with explosives and fitted with a concave dish-shaped copper liner.



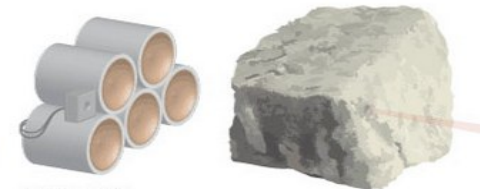
#### TRIGGER

An E.F.P. is typically connected to a passive infrared sensor, which is triggered by heat and movement. A remote control may be added to control the sensor from a distance.



#### DETONATION

When the sensor is tripped, the force of the explosion partly melts the copper liner and deforms it into a tadpole shape. The projectile can penetrate armor plate and spray the inside of a target vehicle with metal fragments.



#### CAMOUFLAGE

E.F.P.'s are often placed together in a camouflaged array, with several explosives stacked together at slightly different angles, sprayed with foam and rolled in concrete or mud to look like a rock. A small hole is left for the infrared sensor.



Source: U.S. Army

The New York Times



## **Diverses munitions**

*Les sous-munitions*

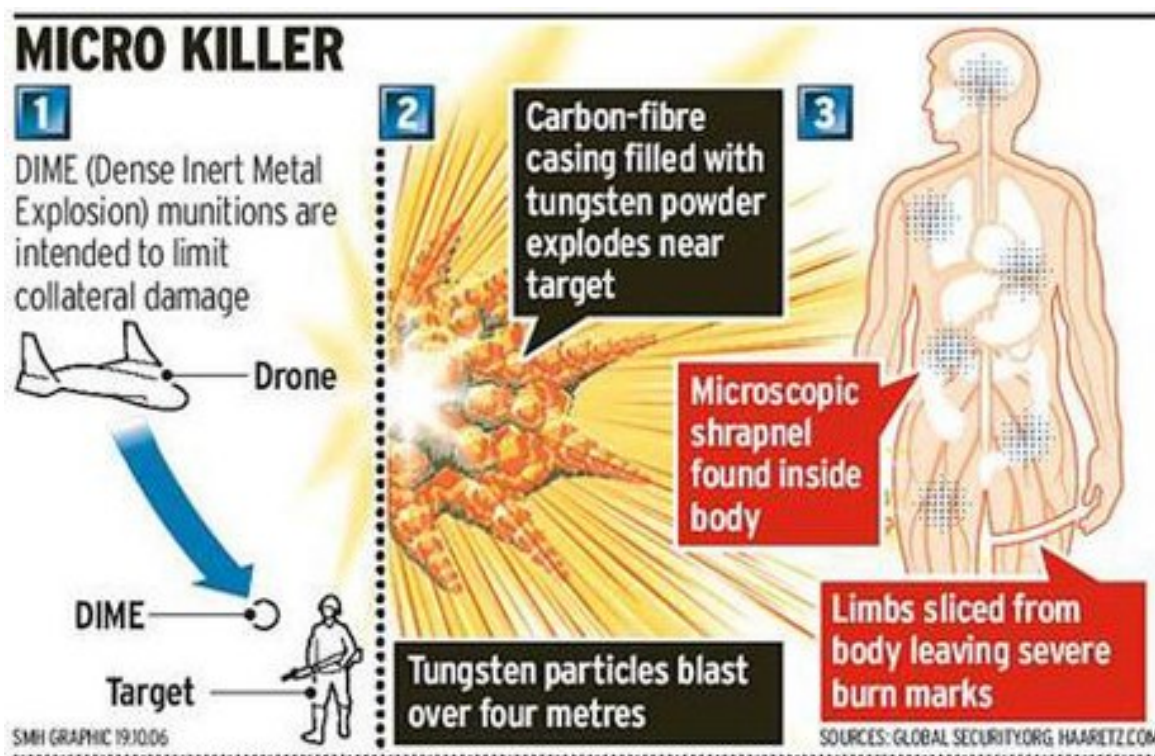
*Les munitions DIME*

*Les armes thermo-bariques*

*Les armes laser*

*Le NRBC*

## Les munitions Dense Inert Metal explosives (DIME)



Il s'agit d'armes dites à « létalité atténuée » dont le rayon d'action est limité à quelques mètres

## **Les sous-munitions. Pour la plupart interdites par les conventions internationales**



- Classées selon leur objectif

Anti infrastructure  
Anti véhicules  
Anti personnels

- Souvent non explosées

- Tous les modes de dispersion

- Menace pour les populations

Usage extensif en Ukraine : Bombe RBK-500 /sous munitions PTAB-1M, missile 9M54 / Sous munition 3B3 , ....

**Le cas des obus à fléchettes 3sh1 russes**



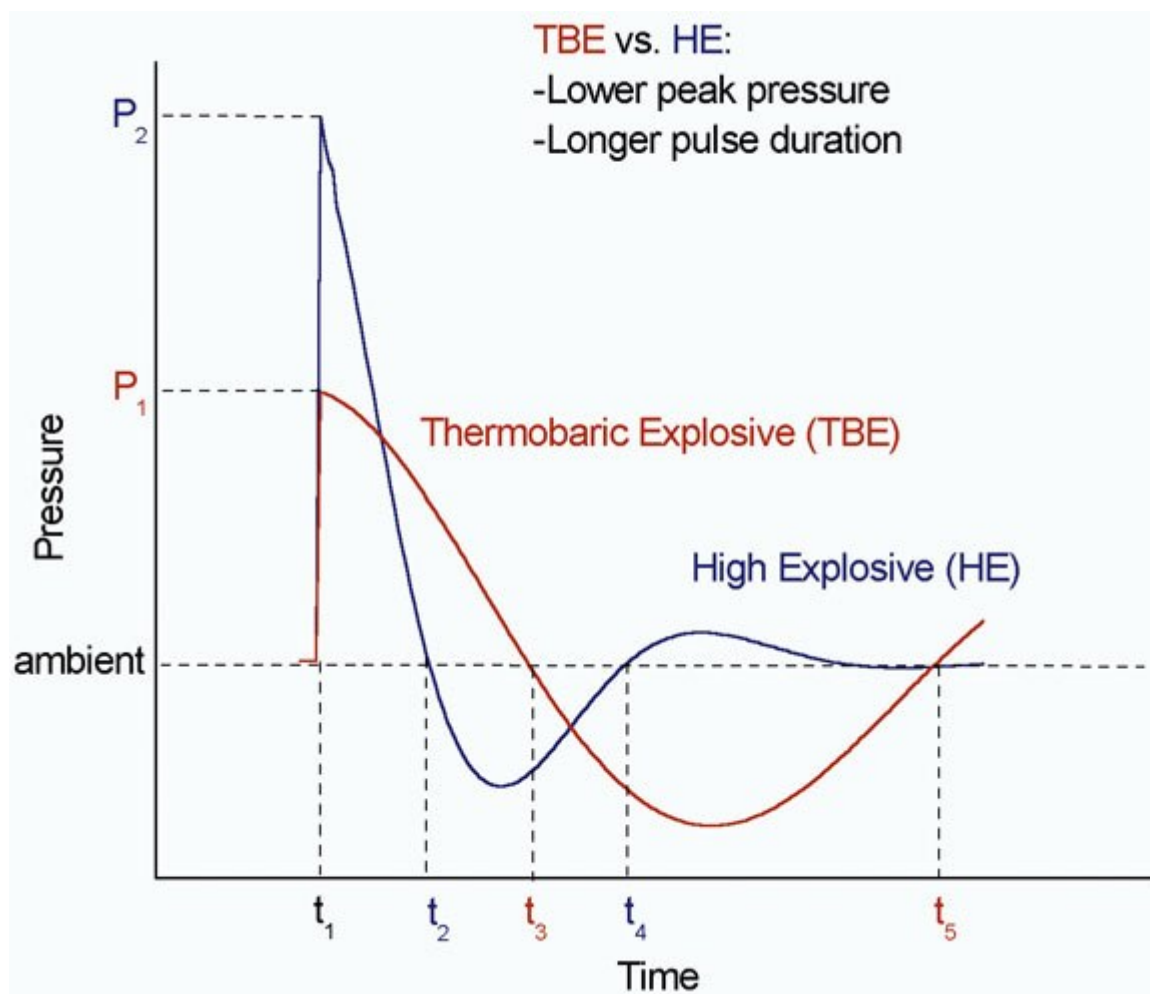


## **Les munitions Dense Inert Metal explosives (DIME)**



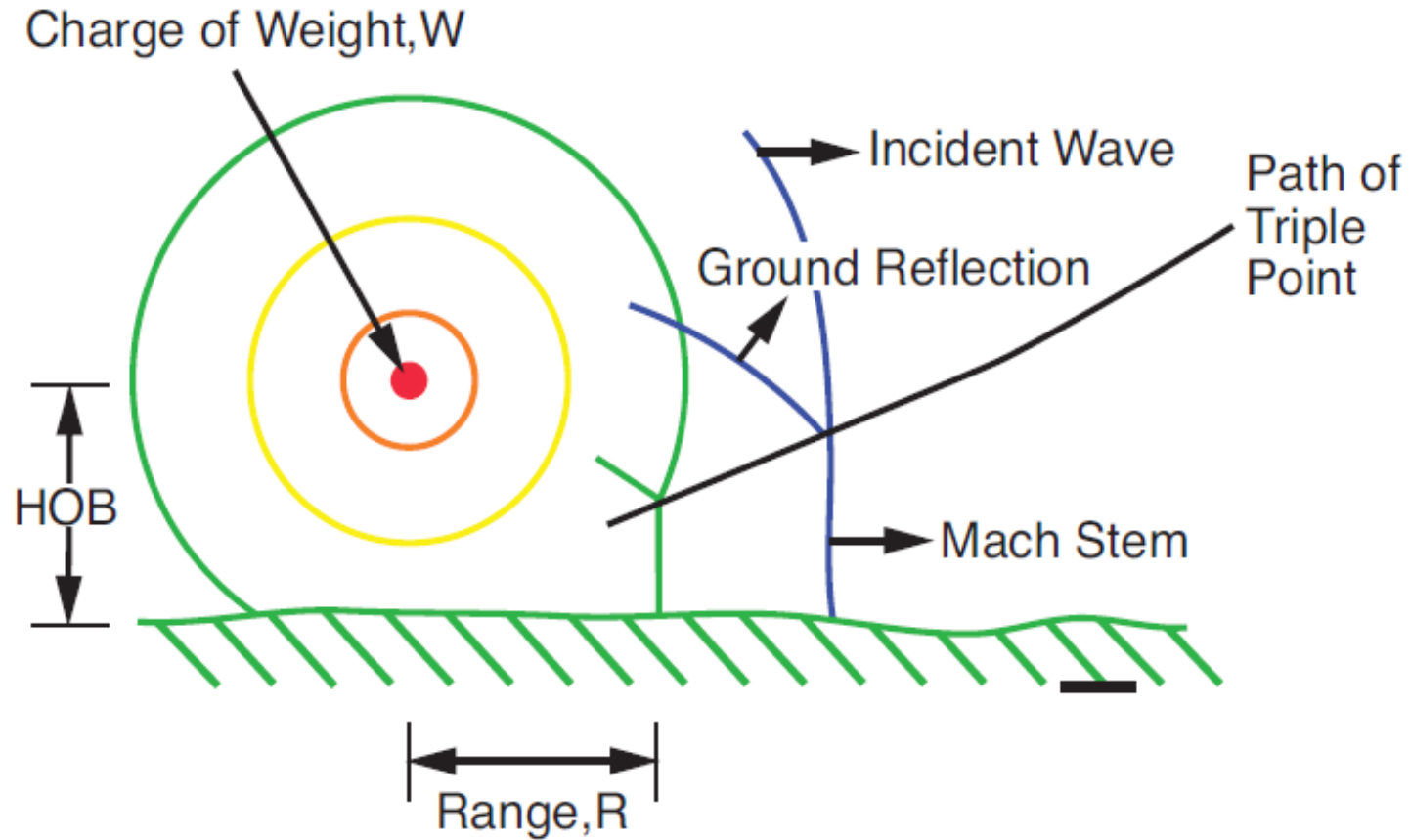
**« Léthalité atténuée » toute relative : Multiples micro-éclats, dévitalisation, effets cancérogènes**

## Les armes thermobariques



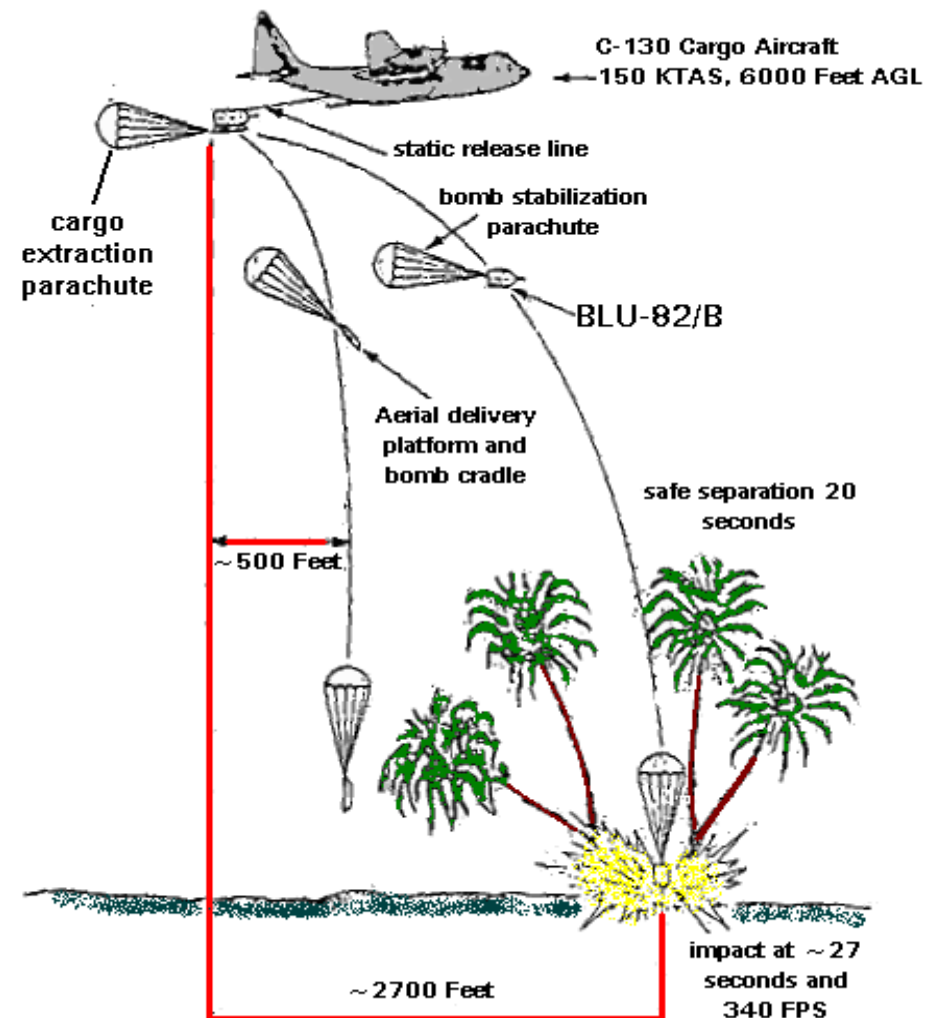
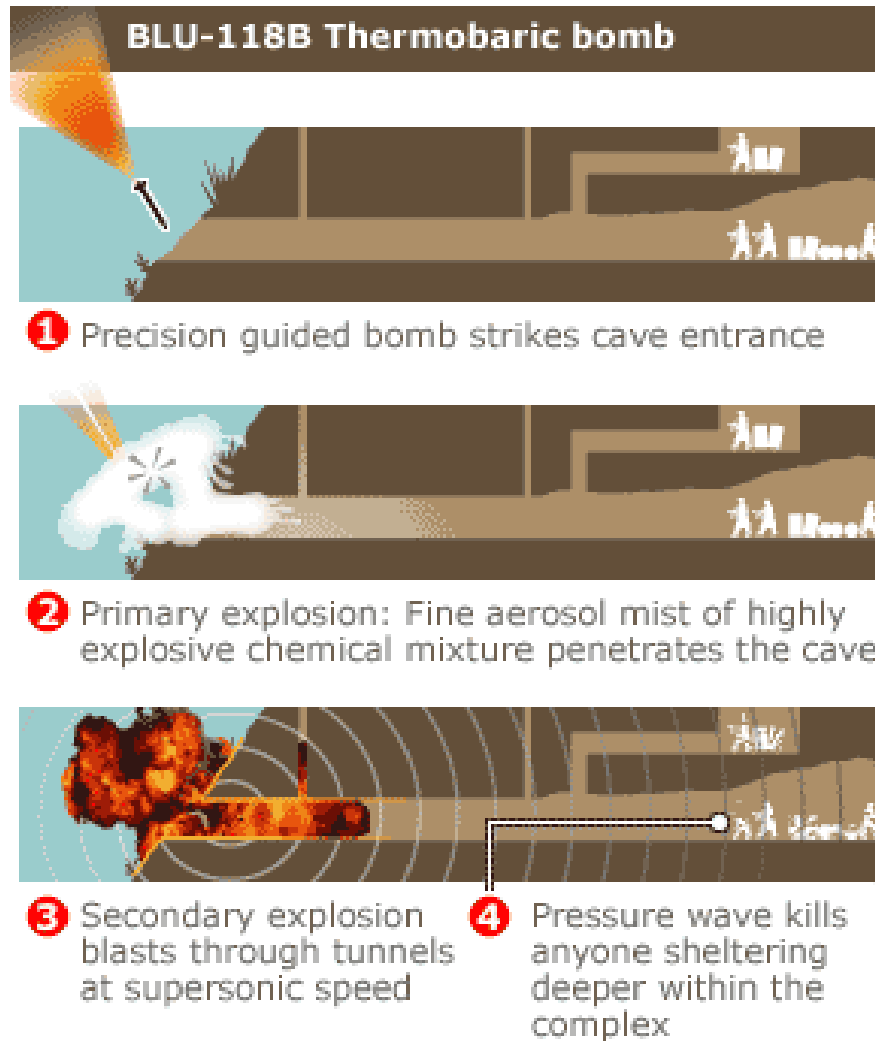


## Les armes thermobariques



***Explosion en altitude avec des effets majorés par la réflexion de l'onde sur le sol***

## Les armes thermobariques

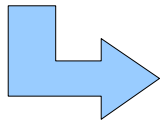


## Les armes thermobariques

Les LRM russes TOS-1 Buratino et TOS-1A Solntsepek, et la munition de 220 mm MO-1.01.04M



Une des menaces du combat urbain et à haute intensité de demain ?



Brûlures sévères ++++ et Blast pulmonaire : *Un enjeu de réanimation*

[https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(25\)00162-X/abstract](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(25)00162-X/abstract)

Mais aussi : - Le LRM de 300 mm BM 9A52 (12-round) Smerch



## Les armes thermobariques



RPO-A Schmel



XM1060 40mm Grenade



Smaw - NE



MDM 19 Grenade

Ce sont des armes destinées à la destruction de bâtiments

Un usage à grande échelle en [Syrie](#), et Haut Karabagh

## Les armes thermobariques

Table 9. The calculated safety distances for TBG-7V warhead in battle

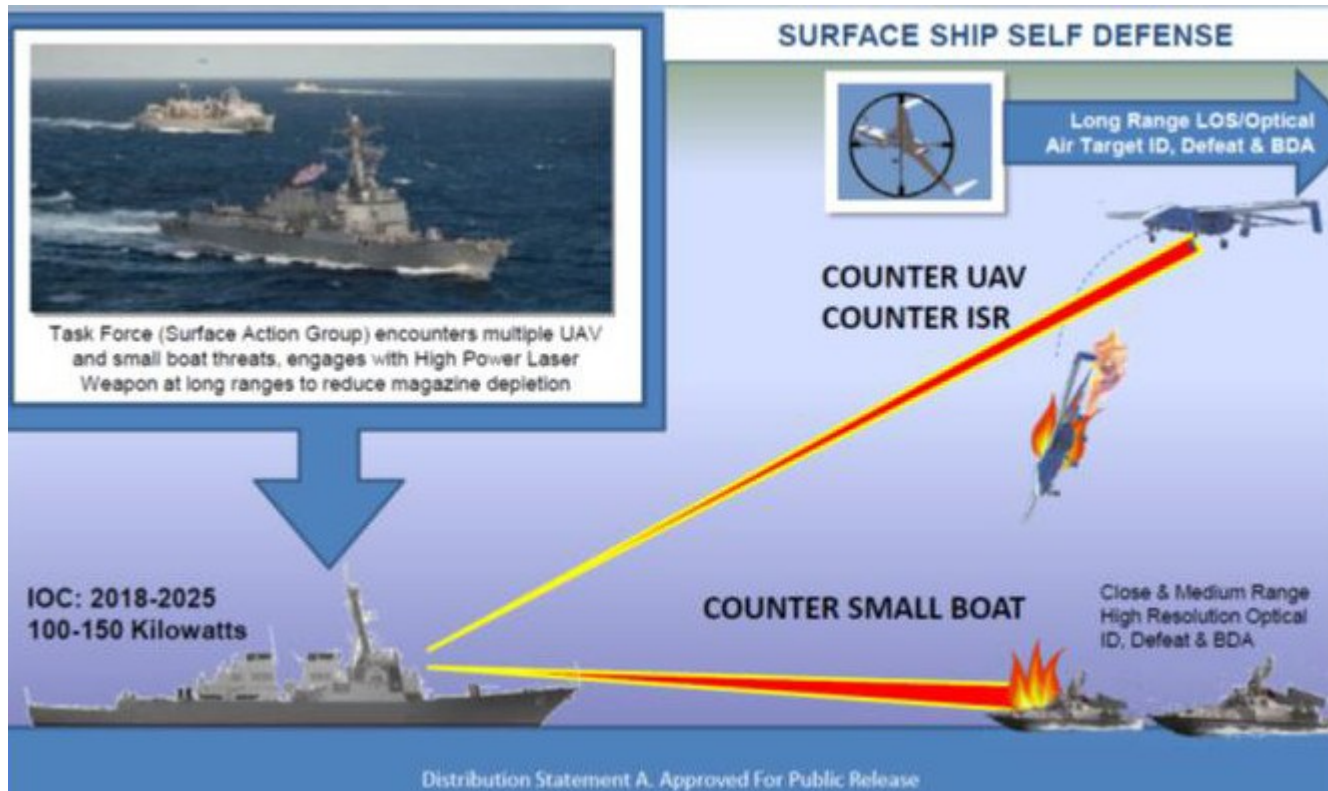
|                      |                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 21 meters            | Protected in a covered, fragment shielded, sustainable shelter                |
| 60 meters            | Protected by off-road obstacle, behind timber (respectively)                  |
| 237,5 meters         | Unprotected affected area and shrapnel                                        |
| 27 meters            | Safety distance charge (m) from the front pressure wave                       |
| 2318 m <sup>3</sup>  | The minimum interior volume (m <sup>3</sup> ) for survivable chamber pressure |
| 927,2 m <sup>2</sup> | The volume required for surface-affected 2.5-meter high room                  |



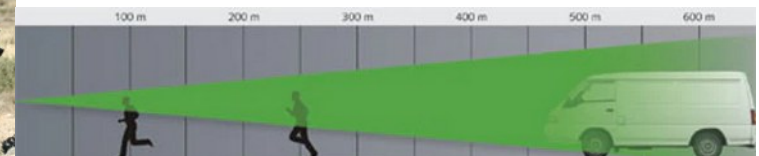
Un usage à grande échelle en Azerbaïdjan, Ukraine et en [Syrie](#)



## Les armes laser. *En cours de développement*



Les armes de type dazzler : **aveugler, faire**



Non léthales mais peuvent occasionner des lésions **OPH irréversibles**

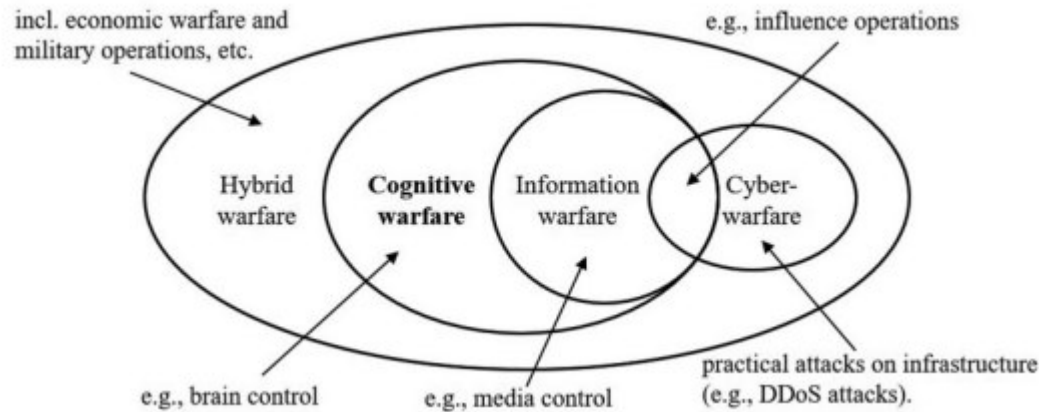
## Protection du combattant

En évolution permanente pour une meilleure ergonomie de port, d'intégration d'équipement et une meilleure protection



## Le Mental

*Non développé*



1. [How China's Cognitive Warfare Works: A Frontline Perspective of Taiwan's Anti-Disinformation Wars](#)
2. [Warfare in the Cognitive Age: NeuroStrike and the PLA's Advanced Psychological Weapons & Tactics](#)

Largement utilisé par les russes et les chinois : *Ukraine, Afrique, Taïwan*

## **Les armes NRBC**

*Non développées*

### **Le risque nucléaire :**

- Surtout effet destructeurs liés à l'explosion, pas tant l'irradiation que la contamination.
  - Une inconnue les armes tactiques
- Surtout les bombes sales et le ciblage des centrales (Risque Cobalt ; Iode 131, Cesium 137, Americium)

### **Le risque chimique :** Pour info : **Convention de Paris sur l'interdiction des armes chimiques (CIAC).**

- Lacrymogène et vomitifs
- Suffocants (Chlore, Phosgène), Vésicants (Hypérite)
- Neurotoxiques
- Les produits d'origine industrielles notamment agricole (insecticides)

**Ukraine:** Recours massif de CS/ Chloropicrine/phosphore blanc (grenades K51, Obus) par les russes

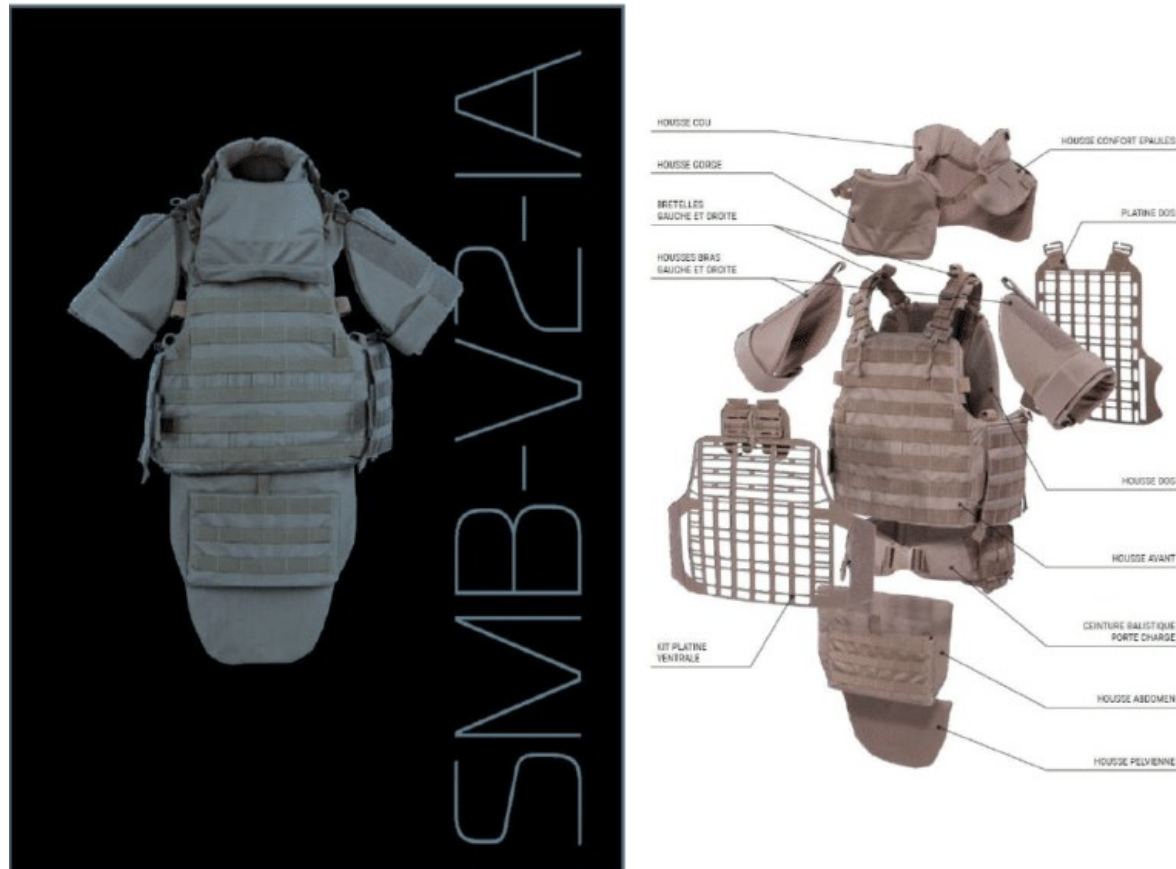
Source: 



### **Le risque biologique :** Le problème de la détection

- Peste, Variole, Anthrax Tularémie, Virus Marburg et Lassa, Toxine botulique
- Ricine

## Une protection contre les effets pénétrants des balles et éclats

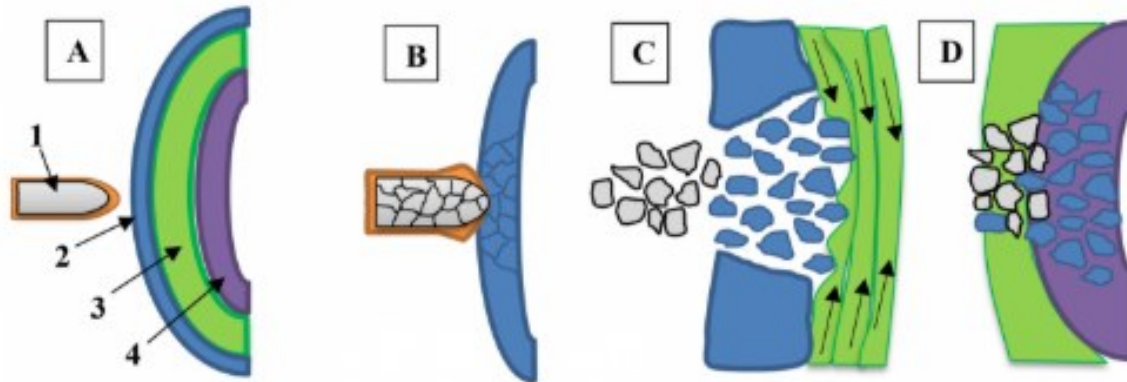


*Un compromis protection / ergonomie*

Expliquant la prédominance de lésions des membres



## Une protection en plusieurs couches

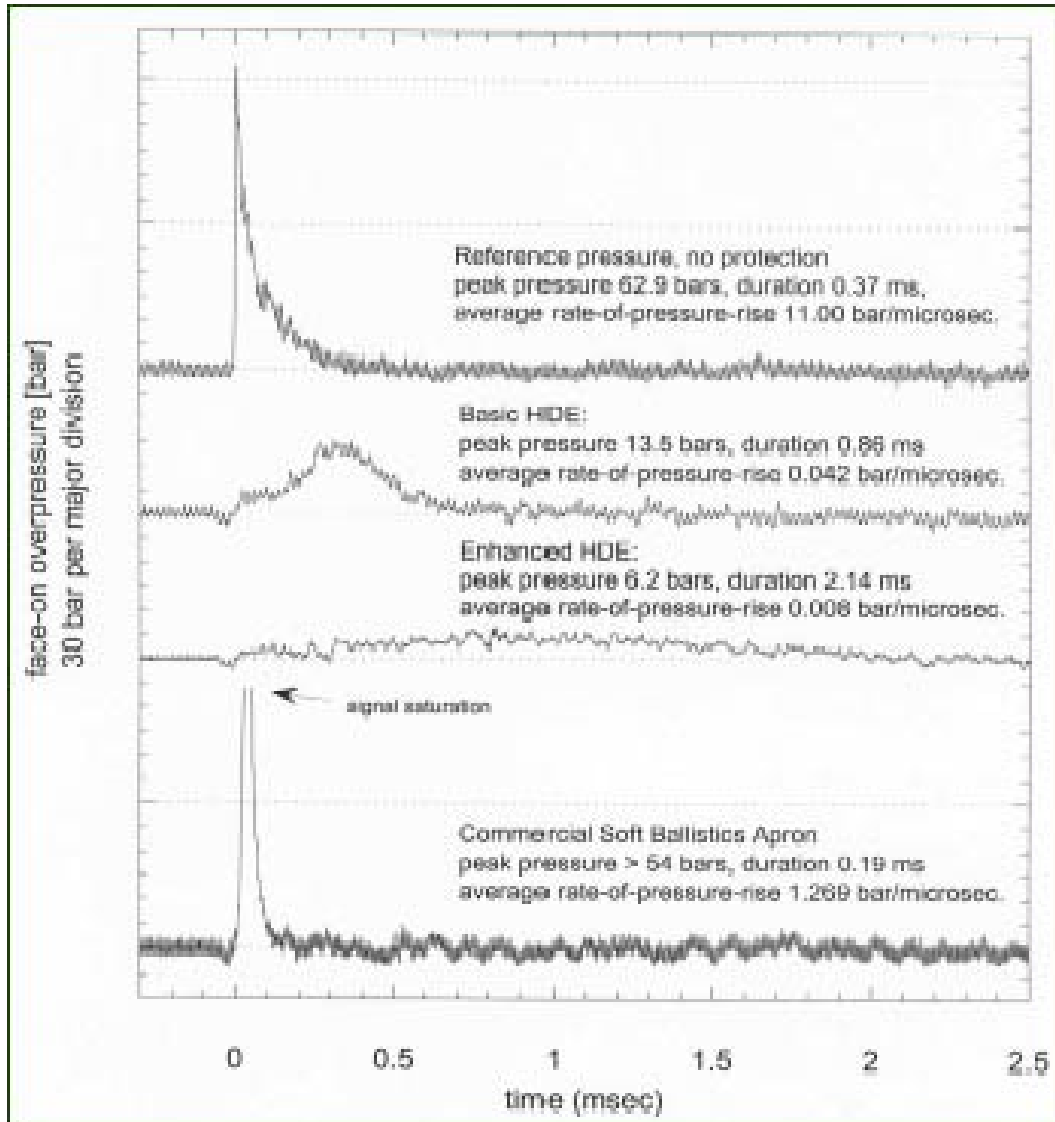


### Schématiquement :

- *La première en céramique a pour but de fragmenter le projectile*
- *La seconde en matériau composite tissé piège les fragments*
- *La troisième est une mousse anti-trauma qui réduit l'impulsion transmise*

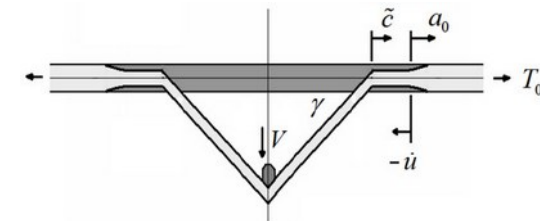
Matériaux : Kevlar, Spectra Shield, Gold Flex, Twaron, Dyneema, [polyéthylène UHMWPE ++++](#)

## Mais une protection qui n'est pas totale



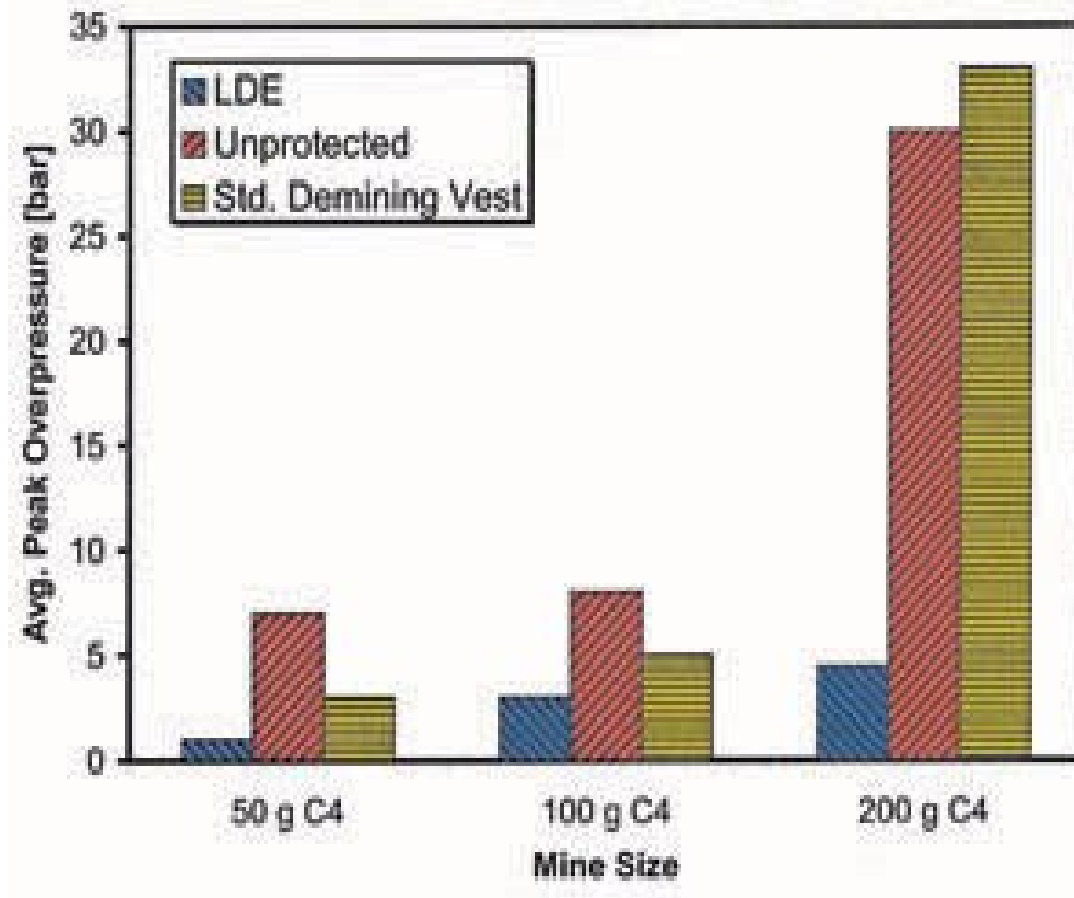
## Dépendant de la technologie

- Nature de la fibre : **UHMWPE Dynemaa**
- Nombre de couches
- Modalités du tissage

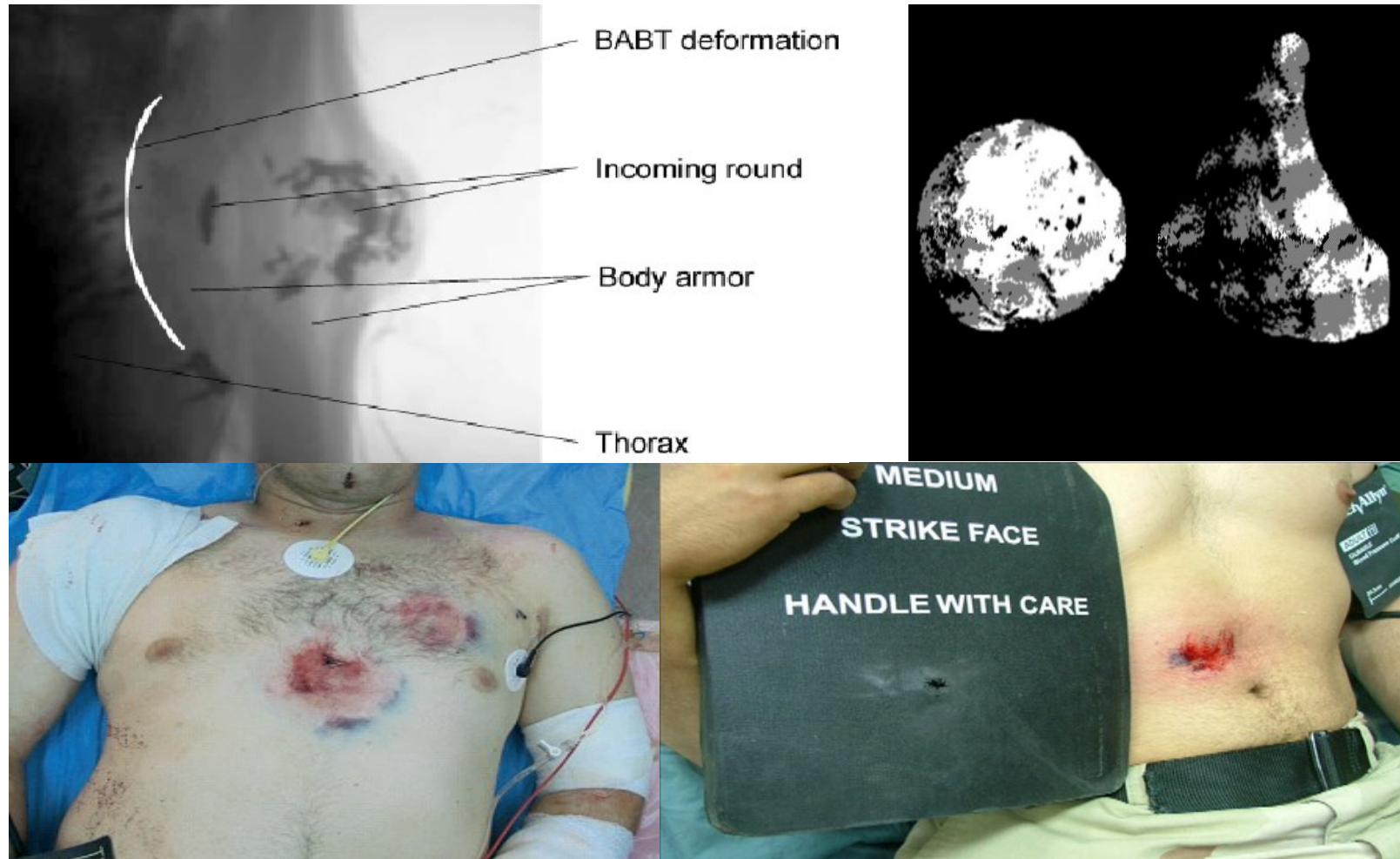


**Réduire le poids,  
améliorer le  
confort de port  
pour une  
protection égale**

**Mais une protection qui peut aggraver, si elle n'est pas prévue pour l'usage**



## Mais une protection qui peut aggraver : Notion d'effets arrières



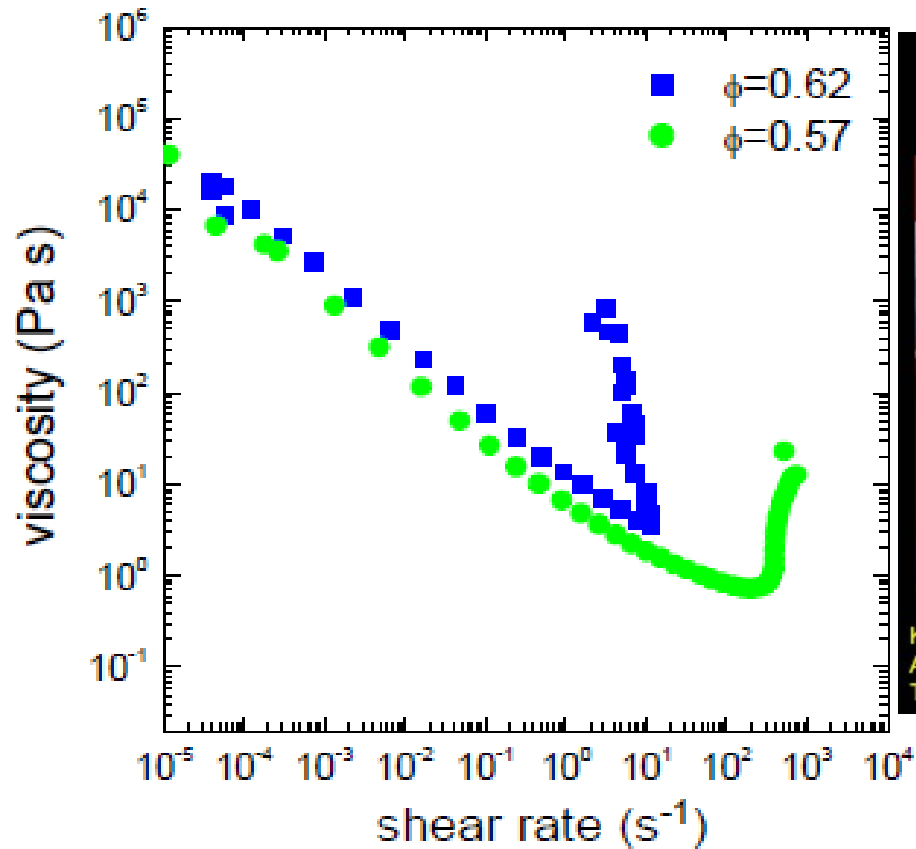
Behind Armour Blunt Trauma - an emerging problem – Cannon  
L

***Une couche d'air entre le gilet et la peau majore les lésions***

<http://jramc.bmj.com/content/164/1/15>

Mais une protection objet de recherches :

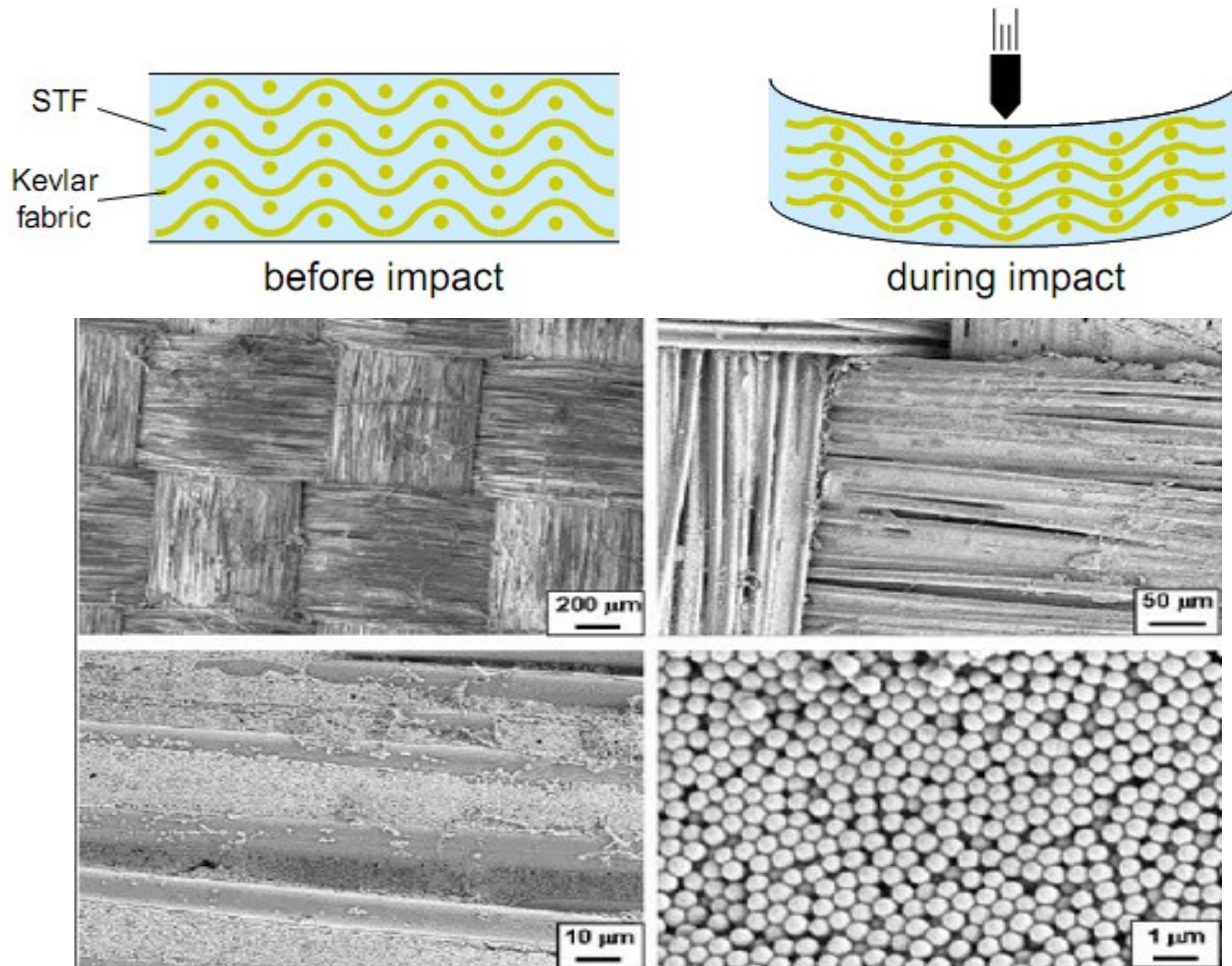
Exemple des nanoparticules





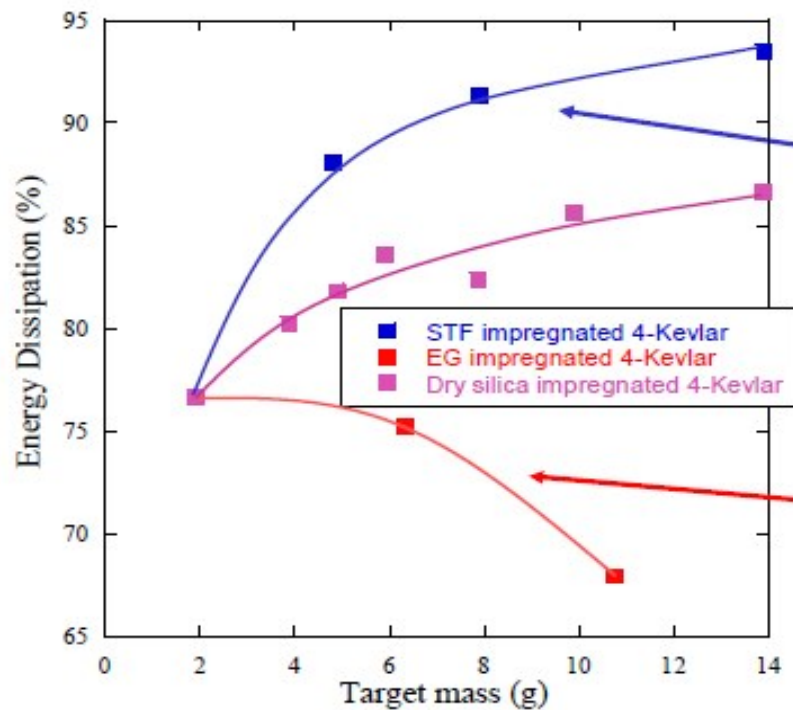
**Mais une protection objet de recherches :**

Exemple des nanoparticules

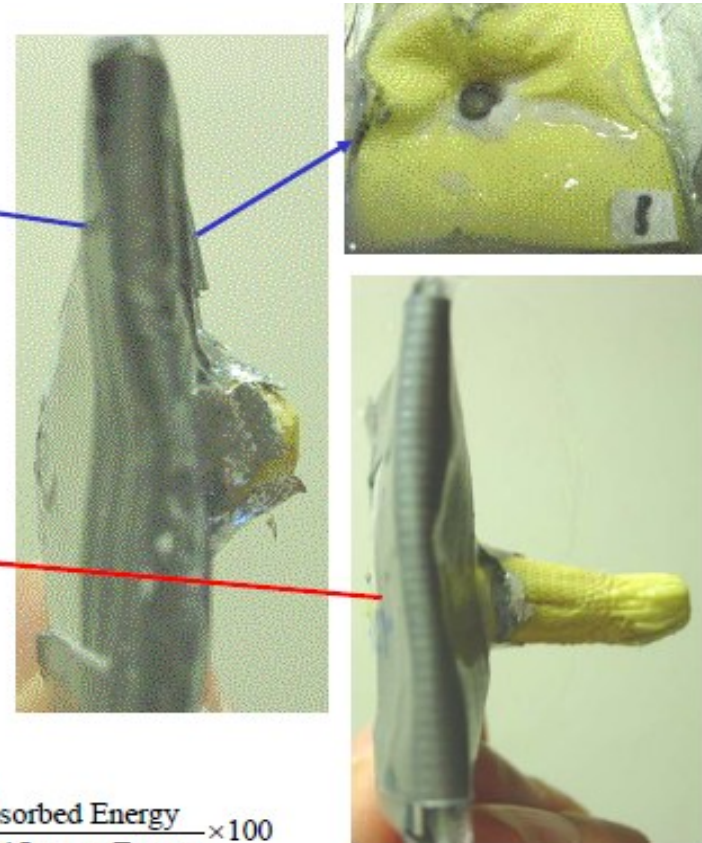


**Mais une protection objet de recherches :**

Exemple des nanoparticules

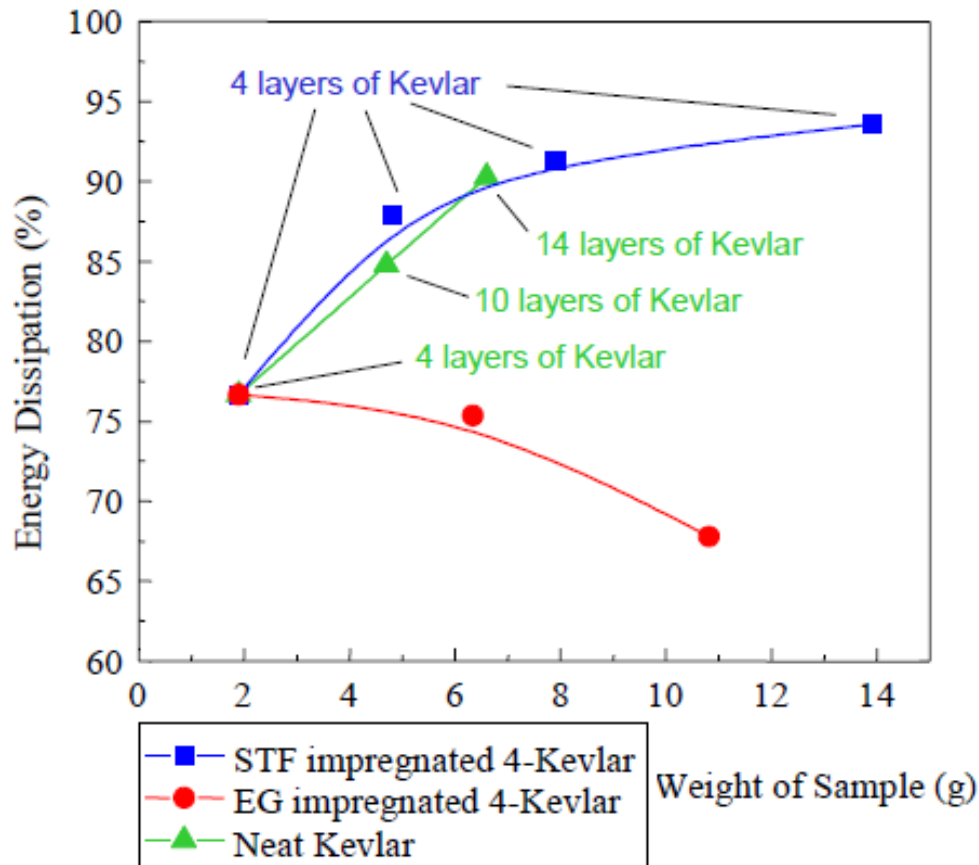


$$\text{Energy Dissipation (\%)} = \frac{\text{Absorbed Energy}}{\text{Initial Impact Energy}} \times 100$$

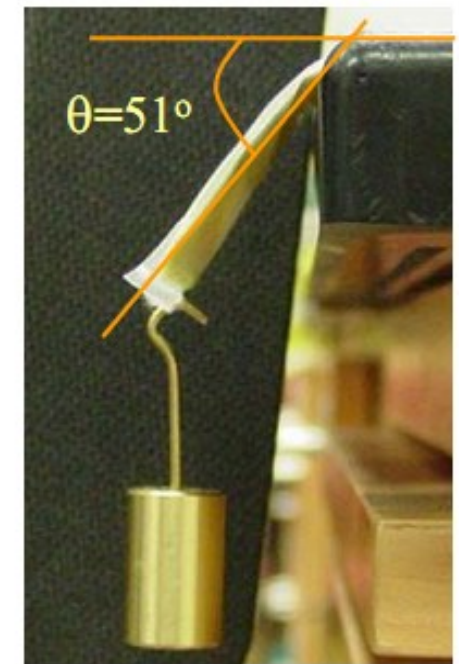


**Mais une protection objet de recherches :**

Exemple des nanoparticules



10-layer Kevlar:  
Thickness: 3.0 mm  
Weight: 4.7 g



2mL STF impregnated  
4-layer Kevlar:  
Thickness: 1.5 mm  
Weight: 4.8 g

Des protections aussi efficaces non pas plus légères mais plus fines et plus souples



## Donc une protection adaptée à la menace

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Type I</b><br>(.22 LR;<br>.380 ACP)           | This armor would protect against 2.6 g (40 gr) .22 Long Rifle Lead Round Nose (LR LRN) bullets at a velocity of 329 m/s (1080 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 6.2 g (95 gr) .380 ACP Full Metal Jacketed Round Nose (FMJ RN) bullets at a velocity of 322 m/s (1055 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It is no longer part of the standard.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Type IIA</b><br>(9 mm; .40<br>S&W)            | New armor protects against 8 g (124 gr) 9x19mm Parabellum Full Metal Jacketed Round Nose (FMJ RN) bullets at a velocity of 373 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1225 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 11.7 g (180 gr) .40 S&W Full Metal Jacketed (FMJ) bullets at a velocity of 352 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1155 ft/s $\pm$ 30 ft/s). Conditioned armor protects against 8 g (124 gr) 9 mm FMJ RN bullets at a velocity of 355 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1165 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 11.7 g (180 gr) .40 S&W FMJ bullets at a velocity of 325 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1065 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It also provides protection against the threats mentioned in [Type I].                                                                    |
| <b>Type II</b><br>(9 mm; .357<br>Magnum)         | New armor protects against 8 g (124 gr) 9 mm FMJ RN bullets at a velocity of 398 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1305 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 10.2 g (158 gr) .357 Magnum Jacketed Soft Point bullets at a velocity of 436 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1430 ft/s $\pm$ 30 ft/s). Conditioned armor protects against 8 g (124 gr) 9 mm FMJ RN bullets at a velocity of 379 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1245 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 10.2 g (158 gr) .357 Magnum Jacketed Soft Point bullets at a velocity of 408 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1340 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It also provides protection against the threats mentioned in [Types I and IIA].                                                                                       |
| <b>Type IIIA</b><br>(.357 SIG;<br>.44<br>Magnum) | New armor protects against 8.1 g (125 gr) .357 SIG FMJ Flat Nose (FN) bullets at a velocity of 448 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1470 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 15.6 g (240 gr) .44 Magnum Semi Jacketed Hollow Point (SJHP) bullets at a velocity of 436 m/s (1430 ft/s $\pm$ 30 ft/s). Conditioned armor protects against 8.1 g (125 gr) .357 SIG FMJ Flat Nose (FN) bullets at a velocity of 430 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1410 ft/s $\pm$ 30 ft/s) and 15.6 g (240 gr) .44 Magnum Semi Jacketed Hollow Point (SJHP) bullets at a velocity of 408 m/s $\pm$ 9.1 m/s (1340 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It also provides protection against most handgun threats, as well as the threats mentioned in [Types I, IIA, and II]. |
| <b>Type III</b><br>(Rifles)                      | Conditioned armor protects against 9.6 g (148 gr) 7.62x51mm NATO M80 ball bullets at a velocity of 847 m/s $\pm$ 9.1 m/s (2780 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It also provides protection against the threats mentioned in [Types I, IIA, II, and IIIA].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Type IV</b><br>(Armor<br>Piercing<br>Rifle)   | Conditioned armor protects against 10.8 g (166 gr) .30-06 Springfield M2 armor piercing (AP) bullets at a velocity of 878 m/s $\pm$ 9.1 m/s (2880 ft/s $\pm$ 30 ft/s). It also provides at least single hit protection against the threats mentioned in [Types I, IIA, II, IIIA, and III].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Le stanag 2920 décrit  
les modalités de test  
pour l'OTAN**

## Donc une protection adaptée à la menace

La résistance au poinçonnement fait appel à une autre classification

| Protection Level | Energy Level E1 (Joules) | Maximum Penetration at E1 (mm) | Energy Level E2 (Joules) | Maximum Penetration at E2 (mm) |
|------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>KR1</b>       | 24                       | 7                              | 36                       | 20                             |
| <b>KR2</b>       | 33                       | 7                              | 50                       | 20                             |
| <b>KR3</b>       | 43                       | 7                              | 65                       | 20                             |

Backing material is a complex combination of foam and rubber sheet.

**KR1** is the lowest protection level and is tested at a performance level of 24 joules of energy. It should offer maximum periods of wear in a low risk-patrolling environment. Armour tested to this level would be suitable for covert or overt use;

**KR2** is a medium protection level, tested at a performance level of 33 joules. This should provide for a general duty garment for extended wear and may be covert or overt;

**KR3** is a high protection level tested at a performance level of 43 joules. This would be suitable for short periods of wear in high-risk situations. Armour manufactured to this level would normally be overt.

## Standard HOSDB (UK)



**Donc une protection adaptée à la menace**

La protection de l'extrémité céphalique



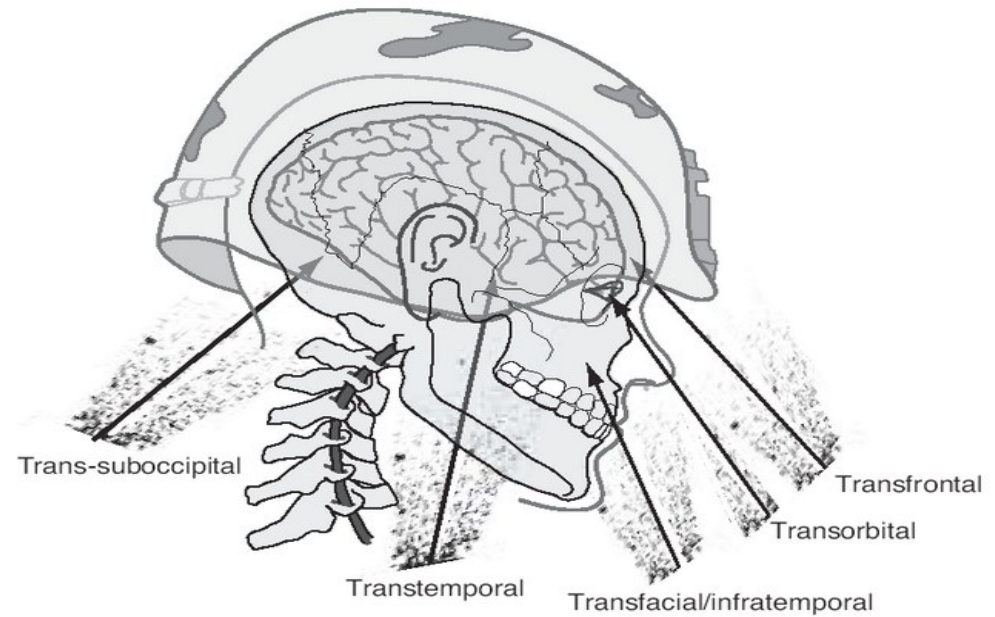

| Level | Minimum Fragmentation Velocity V <sub>50</sub> *<br>m/sec (ft/sec) | NIJ Level** | Bullet                                                                                                                           | Weight (Grains)                | Maximum Bullet Velocity<br>m/sec (ft/sec)                          | Energy (Joules)                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| F1    | 400 (1310)                                                         | Type A      | 9mm FMJ Rem†<br>.38" Special + P                                                                                                 | 124<br>158                     | 350 (1150)<br>300 (1000)                                           | 490<br>460                       |
| F2    | 450 (1470)                                                         | Type B      | 9mm FMJ Rem†<br><i>Plus all the above bullets</i>                                                                                | 124                            | 365 (1200)                                                         | 530                              |
| F3    | 500 (1640)                                                         | Type C      | 9mm FMJ Rem†<br><i>Plus all the above bullets</i>                                                                                | 124                            | 390 (1280)                                                         | 610                              |
| F4    | 550 (1800)                                                         | IIA         | 9mm FMJ Rem†<br>9mm GECO DM11A1B2<br>.357 Magnum JSP Rem<br><i>Plus all the above bullets</i>                                    | 124<br>123<br>158              | 390 (1280)<br>350 (1150)<br>396 (1300)                             | 610<br>490<br>800                |
| F5    | 600 (2000)                                                         | II          | 9mm GECO DM11A1B2<br>.357 Magnum JSP Rem<br><i>Plus all the above bullets</i>                                                    | 123<br>158                     | 410 (1345)<br>440 (1445)                                           | 670<br>990                       |
| F6    | 650 (2130)                                                         | IIIA        | 9mm FMJ Rem†<br>9mm Norma 19022<br>7.62mm Tokayev Lead<br>.357 GECO MP<br>.44 Magnum SWC-GC<br><i>Plus all the above bullets</i> | 124<br>116<br>85<br>158<br>240 | 441 (1450)<br>410 (1345)<br>450 (1480)<br>390 (1280)<br>441 (1450) | 780<br>630<br>555<br>775<br>1510 |
| F6T   | 650 (2000)                                                         | IIIA        | Performance as F6 but with a considerable weight reduction (see page 4)                                                          |                                |                                                                    |                                  |




V50 – Stanag 2920 – 680 m/s pour le casque Spectra

## **Donc une protection adaptée à la menace**

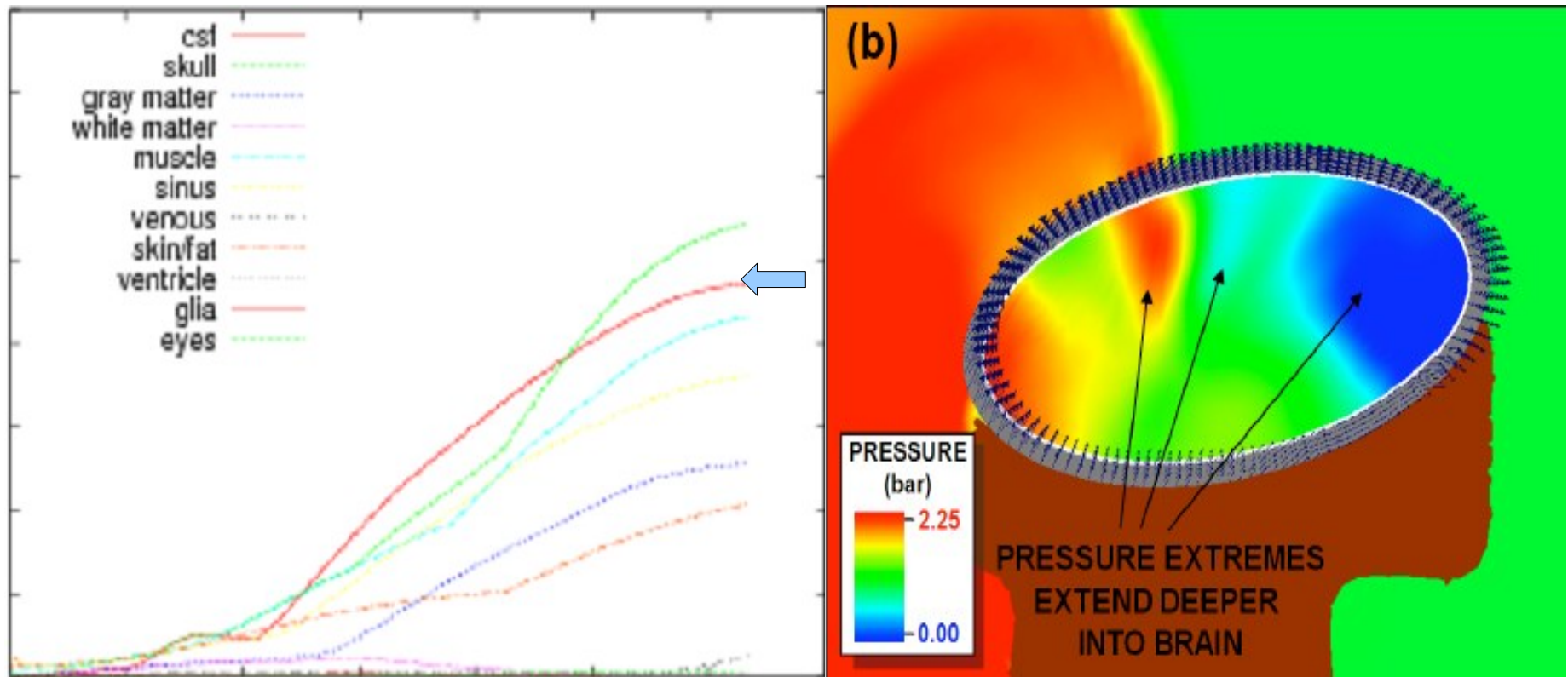
La protection de l'extrémité céphalique



**Bien sûr les éclats**

## Donc une protection adaptée à la menace

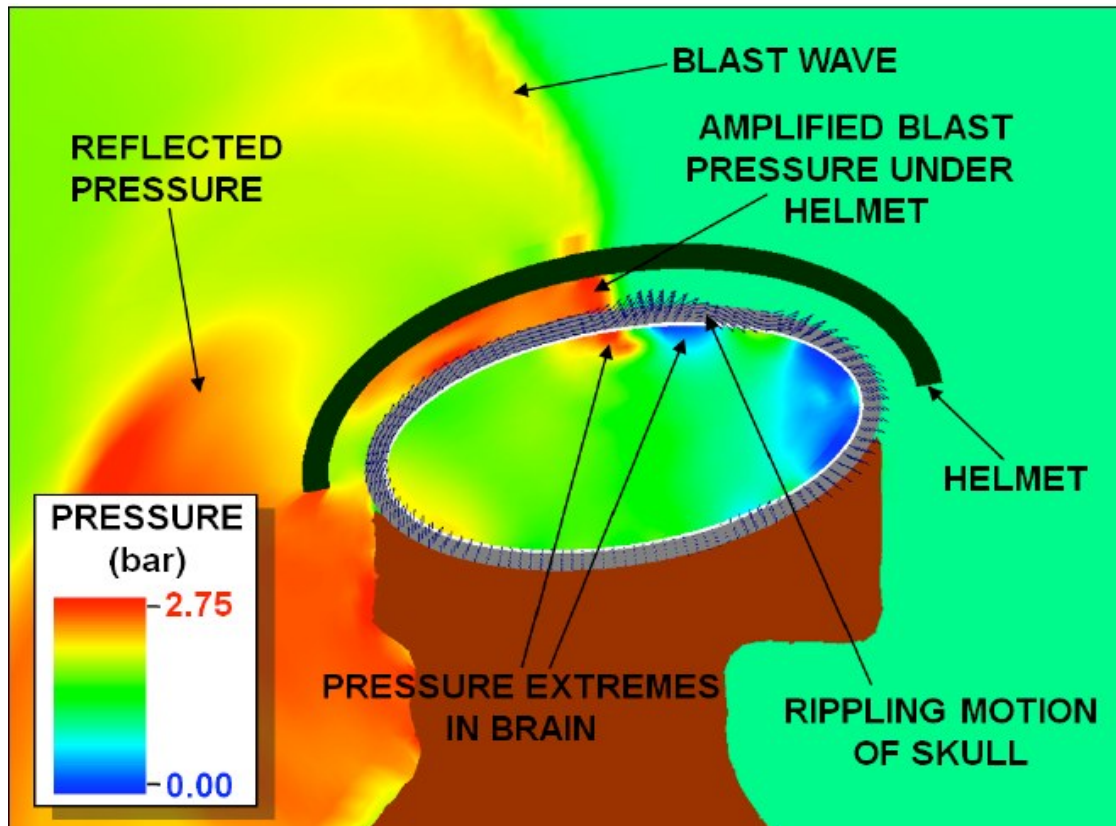
### La protection de l'extrémité céphalique



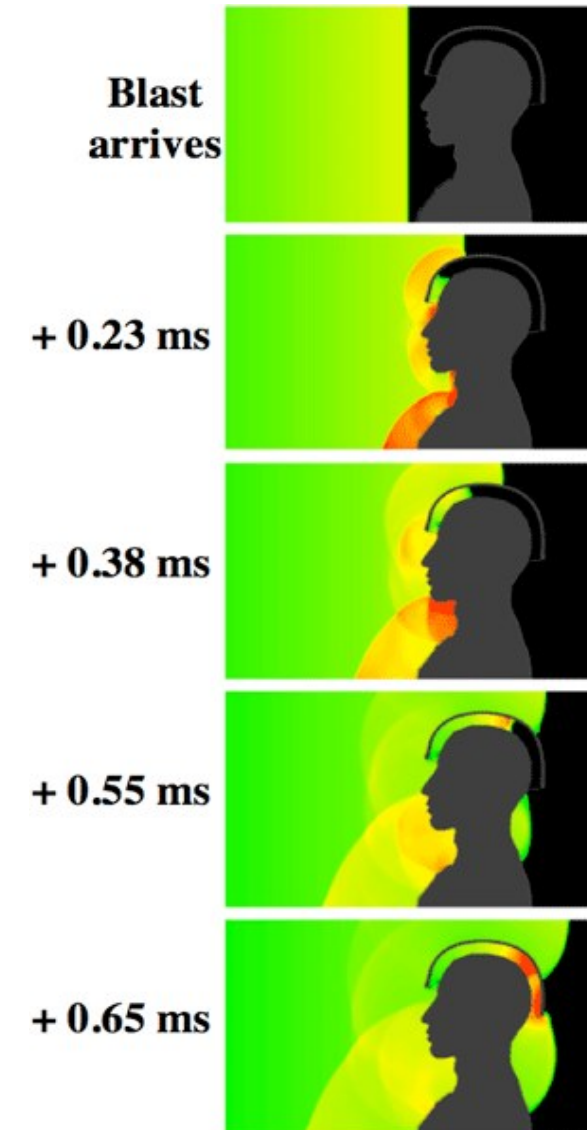
### Mais aussi le blast primaire

## Donc une protection adaptée à la menace

### La protection de l'extrémité céphalique



Elle ne s'improvise pas





## **Donc une protection adaptée à la menace**

La protection de l'extrémité céphalique



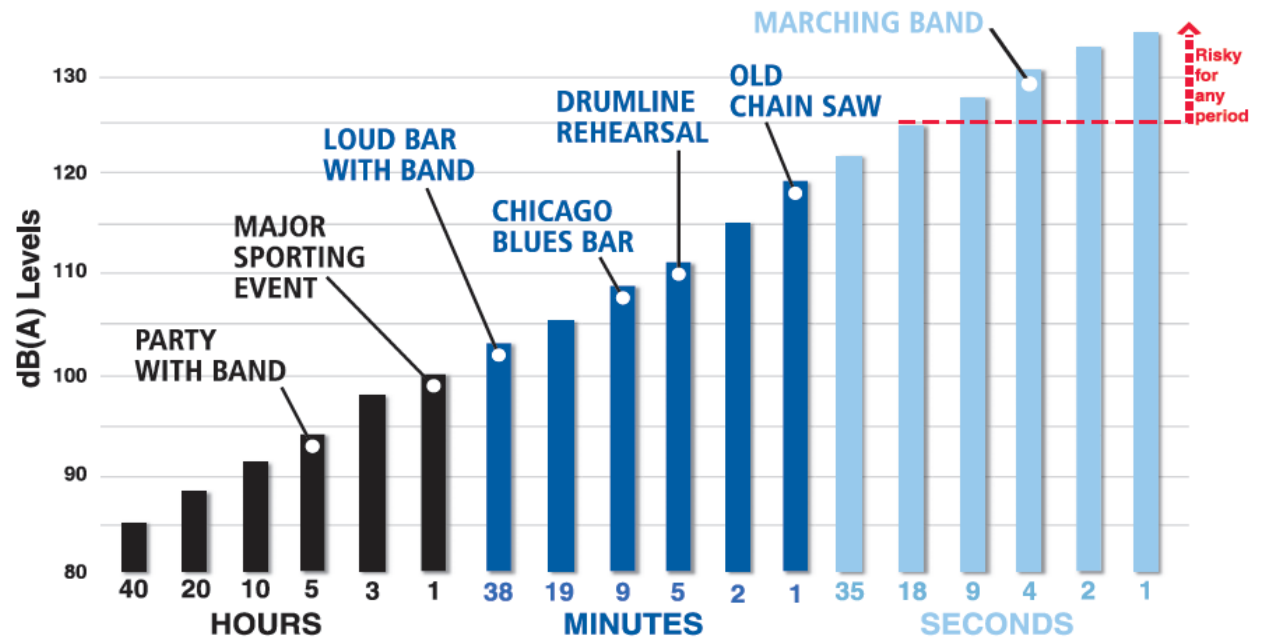
**Elle ne se modifie pas**



## Donc une protection adaptée à la menace

### Le bruit

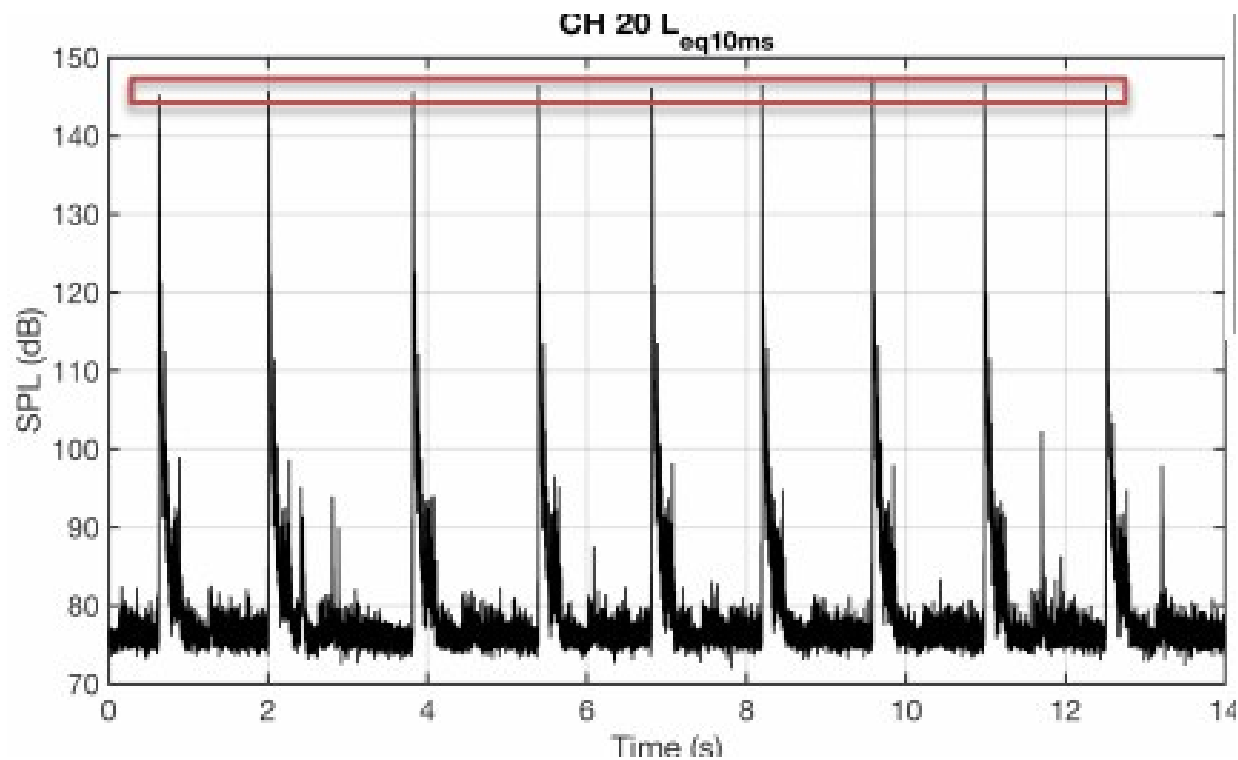
Impulsion > 150 db



Nécessité de hausser le ton > 80 db

## Donc une protection adaptée à la menace

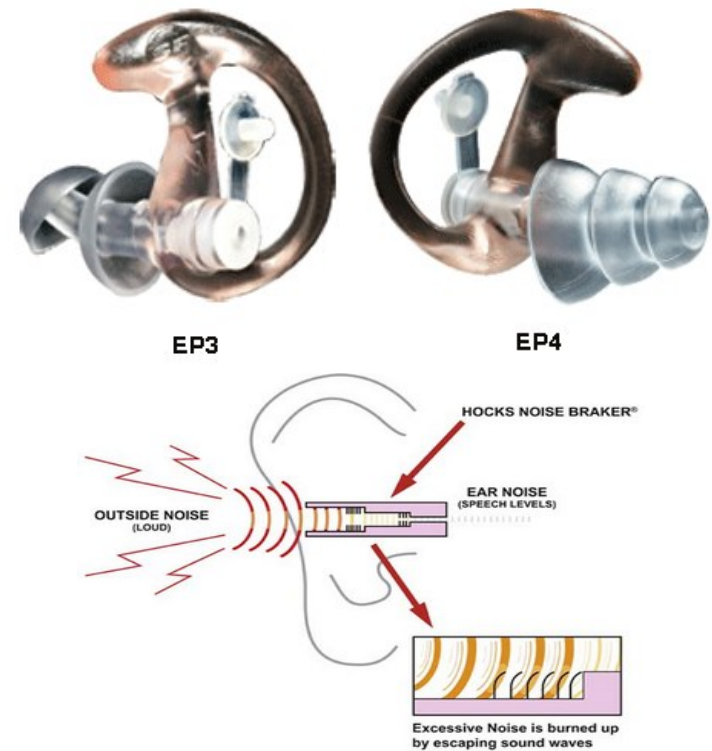
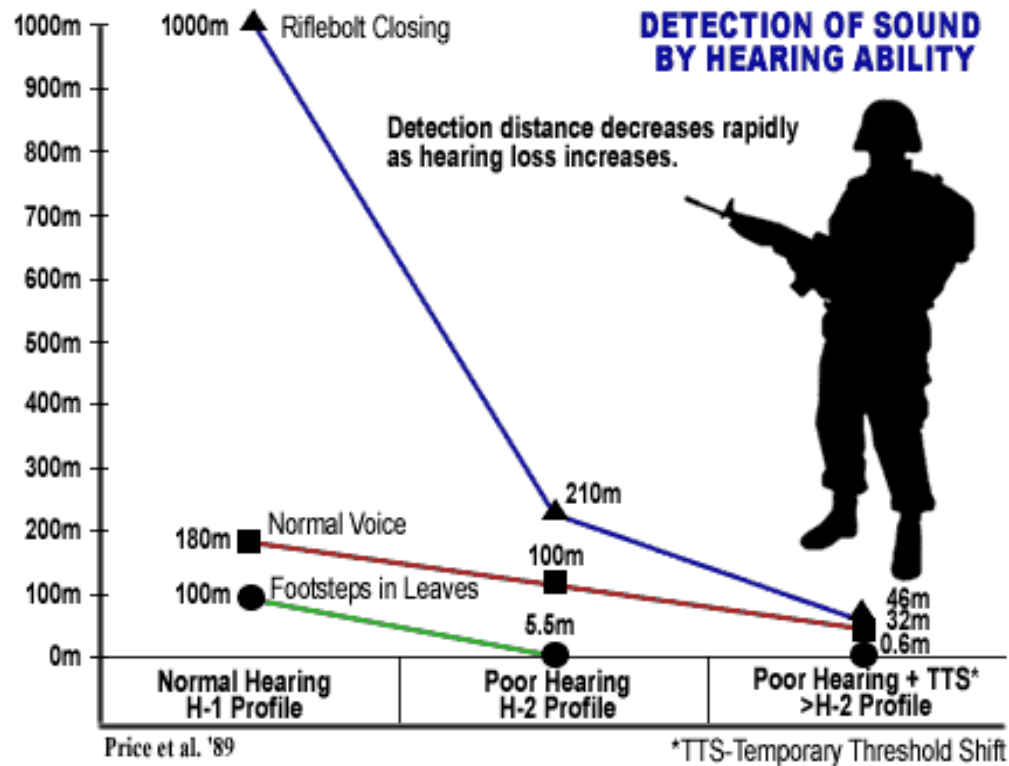
### Le bruit



Des pics élevés : *Nécessité de protection*

## Donc une protection adaptée à la menace

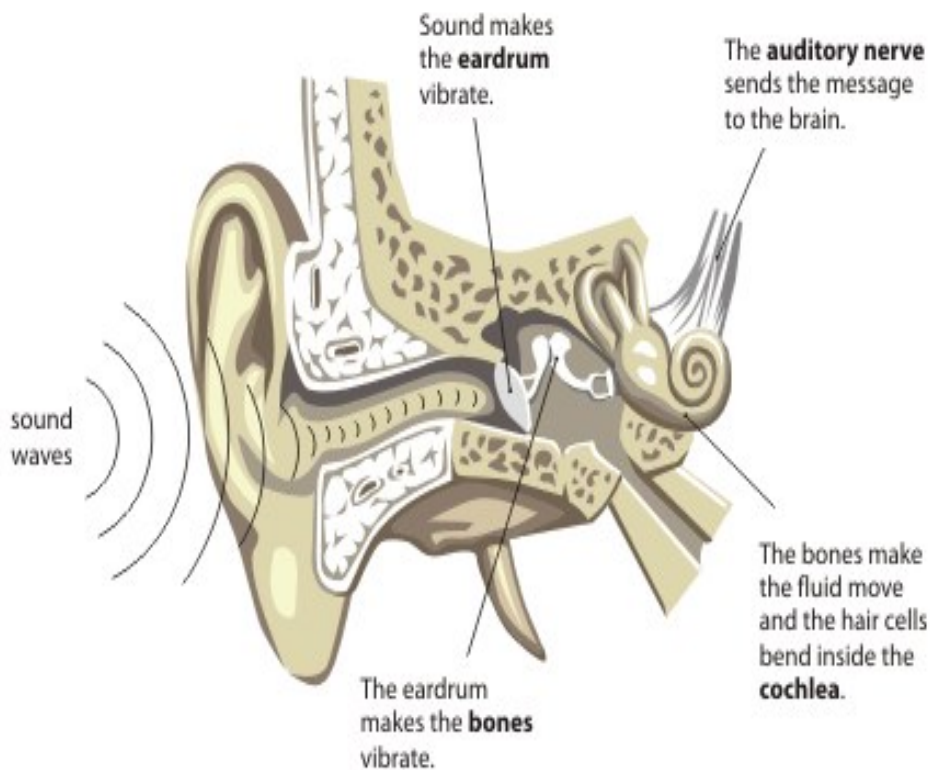
### Le bruit



**Un compromis pour préserver la vie et l'audition**

## Donc une protection adaptée à la menace

### Le bruit



Le système Quiet Pro

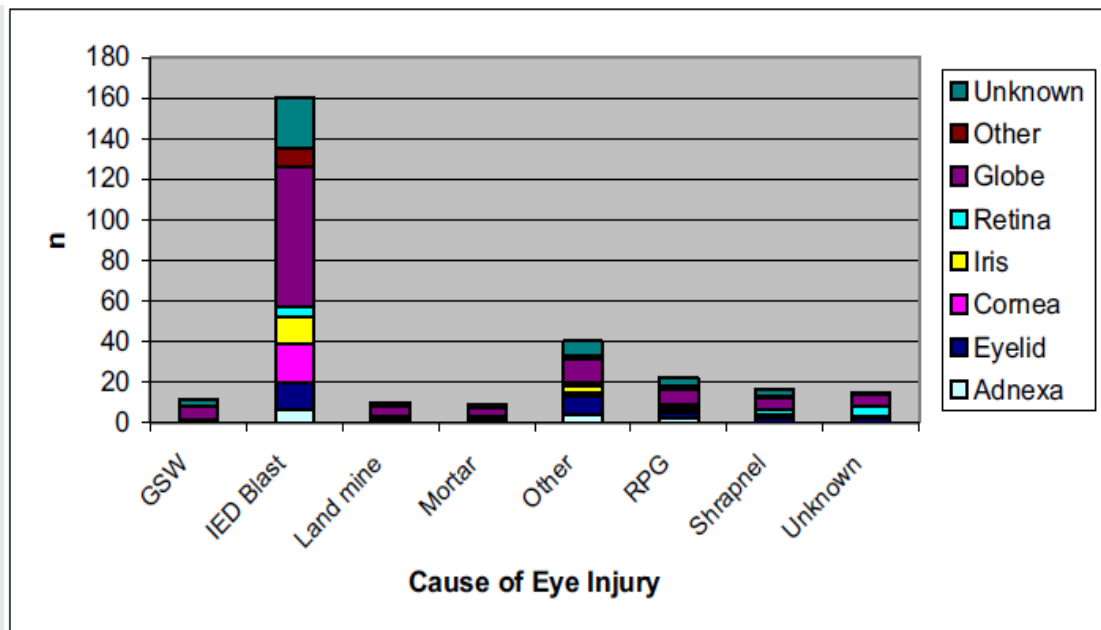
### Les oreilles : Un système d'arme

## Donc une protection adaptée à la menace

### La vue

**Table 1** Incidence of eye casualties in American conflicts<sup>4,9-11</sup>

| Study                    | Conflict                      | Percent with eye injuries |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Steindorf (1914)         | Civil War (1861-65)           | 0.57                      |
| Unknown <sup>10</sup>    | Spanish-American War (1898)   | 2.20                      |
| Parsons (1941)           | World War I (1914-18)         | 1.54                      |
| Stone (1950)             |                               | 2.14                      |
| Reister (1973)           | World War II (1941-45)        | 2.00                      |
| Stone (1950)             |                               | 2.00                      |
| Gunderson (1947)         |                               | 2.57-3.38                 |
| Reister (1973)           | Korean Conflict (1950-53)     | 2.80                      |
| Hornblass (1973)         |                               | 4.10                      |
| Lowry and Shaffer (1954) |                               | 8.10                      |
| Hornblass (1981)         | Vietnam Conflict (1962-72)    | 5.0-9.0                   |
| Hoefle (1968)            |                               | 9.0                       |
| Heier et al (1993)       | Desert Shield/Storm (1990-91) | 13.0                      |





## Donc une protection adaptée à la menace

### La vue



## Apprendre et s'entraîner : ***Pour appliquer tous la même méthode !***

|          |                                 |                                                            |
|----------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>S</b> | <b>Stop the burning process</b> | <i>Répliquer par les armes</i>                             |
| <b>A</b> | <b>Assess the scene</b>         | <i>Analyser ce qu'il se passe</i>                          |
| <b>F</b> | <b>Free of danger</b>           | <i>Extraire le(s) blessé(s) pour des soins sans danger</i> |
| <b>E</b> | <b>Evaluate for ABC</b>         | <i>Evaluer le blessé par la méthode START</i>              |

### Regrouper, établir un périmètre de sécurité, gérer les armes

|          |                                 |                                                                       |
|----------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>M</b> | <b>Massive bleeding control</b> | <i>Garrot, compression, packing, hémostatiques, Stab. pelvienne</i>   |
| <b>A</b> | <b>Airway</b>                   | <i>Position, subluxation, guédel, Crico-thyroïdotomie, Intubation</i> |
| <b>R</b> | <b>Respiration</b>              | <i>Position, oxygène, exsufflation, intubation, ventilation</i>       |
| <b>C</b> | <b>Choc</b>                     | <i>Abord vasculaire, remplissage, adrénaline, transfusion</i>         |
| <b>H</b> | <b>Head/Hypothermia</b>         | <i>Conscience, protection des VAS, oedème cérébral, hypothermie</i>   |
| <b>E</b> | <b>Evacuate</b>                 | <i>9 line CASEVAC/MEDEVAC request</i>                                 |

**R**

**Réévaluer**

**Y**

**Yeux/ORL**

**A**

**Les 4 As: Analgésie, Antifibrinolyse, Anti Emetique, Antibiotique**

**N**

## Pour accéder au Website de médecine tactique

Version pdf (actualisé annuellement)



Version sonorisée (nécessite une ouverture de compte)



**GEDISS@**



*Gestion d'Enseignements à Distance et d'Informations du Service de Santé des Armées*