

Lésions par explosion



Dr Bruno Debien

*Service d'anesthésie réanimation
Hôpital d'instruction des armées Percy
Clamart (92)*



Ambroise Paré

1575

« 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.. »

Explosion

- Energie
- Temps bref
- Production de gaz
- Haute température
- Haute pression



Les lésions

- « primaires » : **blast**
- « secondaires » : projectiles
- « tertiaires » : projection

« autres effets » : brûlures,
intoxications, ensevelissement,
traumatismes psychiques

Loi des gaz parfaits

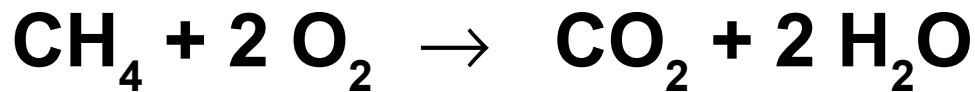
$$P.V = n.R.T$$

n = nb de moles

T = temp. (Kelvin)

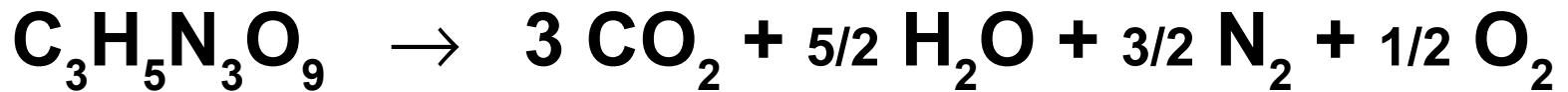
R = 8,31 USI

Pouvoir d'expansion



3 moles \rightarrow 3 moles

x 1



0 (gaz) \rightarrow 7 1/2

0,16 litres \rightarrow 168 litres

x 1000

Explosion de gaz

- Surpression **faible**
- Onde de **surpression**
- Propagation **sonique**

« **Combustion** »



Thouvenin J. La détonique. Valor Eds. 1997

Explosion de poudre

- Surpression **moyenne**
- Onde de **surpression**
- Propagation **sonique**

« **Déflagration** »



Thouvenin J. La détonique. Valor Eds. 1997

Explosion de dynamite

- Surpression **forte**
- Onde de **choc**
- Propagation **supersonique**

« **Détonation** »



Thouvenin J. La détonique. Valor Eds. 1997

Détonation



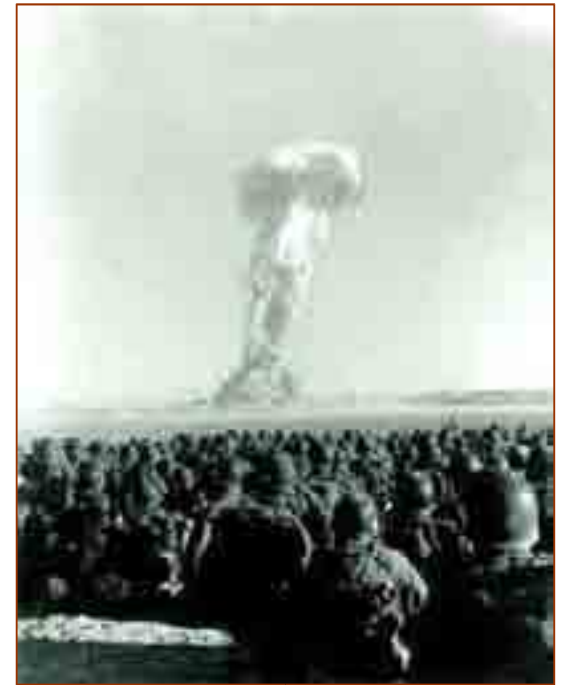
Explosions non chimiques



Mécaniques



Electriques



Nucléaires

Niveau de pression

- 1000 mBar
 - 100 kPa
 - 760 mm Hg
- } = 1 atmosphère

kPa

Effets

7

Bris de vitres

15

Fissuration des plâtres

35

Bris de murs de briques

35

Seuil tympanique

175

Seuil pulmonaire

300

Destruction des murs en béton

500

50 % de lésions pulmonaires

800

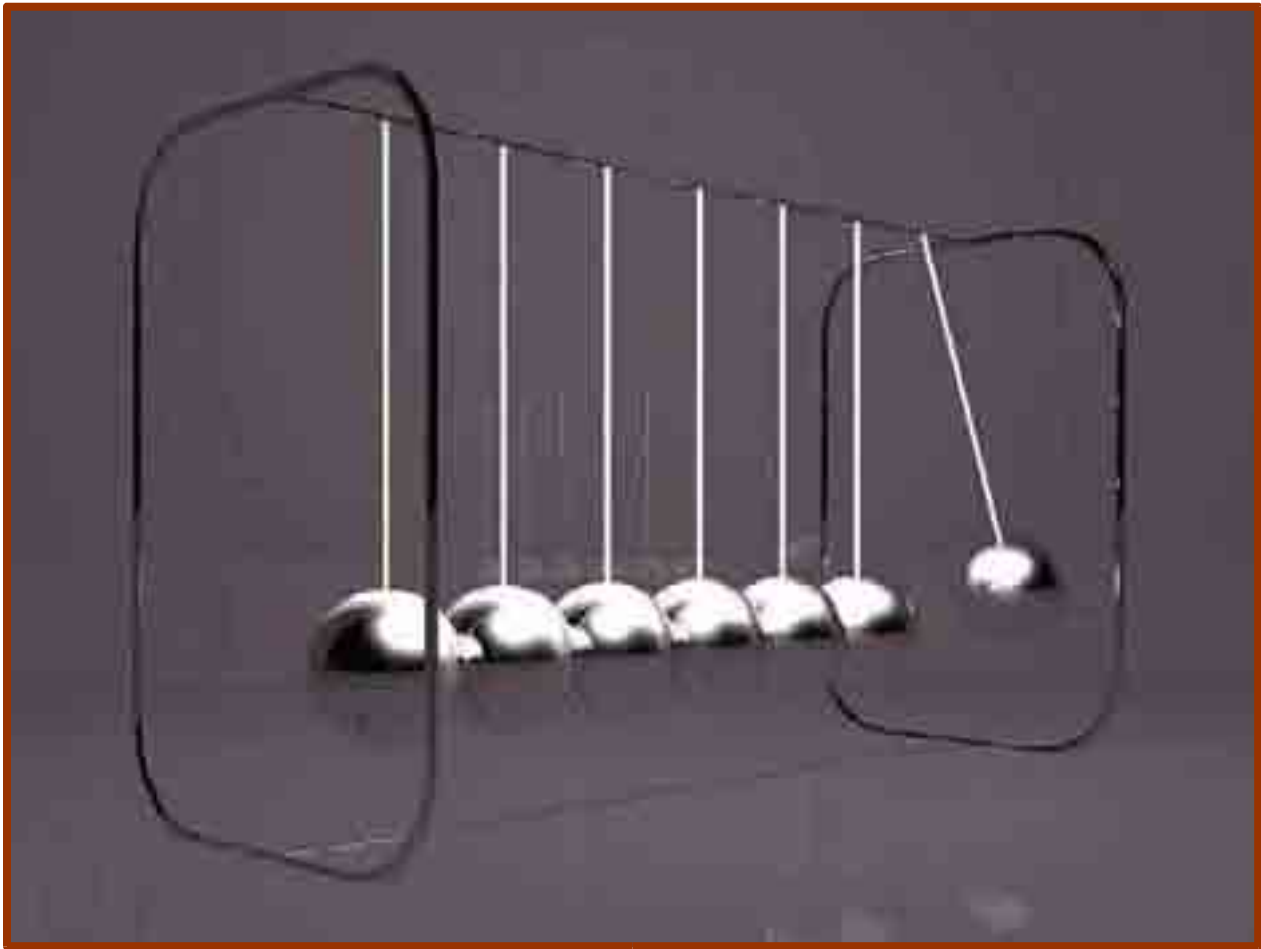
Seuil de mortalité

*Owen-Smith MS. High velocity missile wounds. London,
Edward Arnold Ltd, 1981*

Mécanismes



- Perturbation
- Propagation

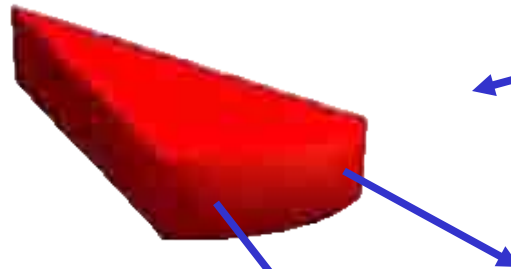


Propagation

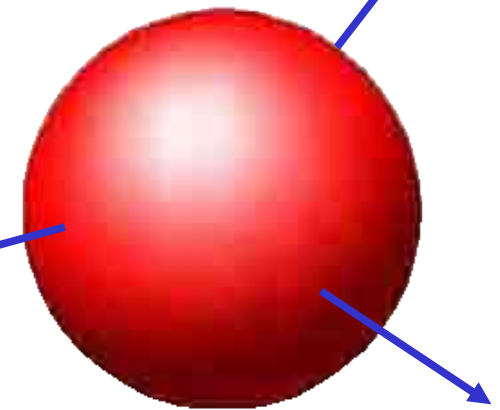
- Atténuation avec la distance



$1/x$



$1/x^2$



$1/x^3$

Thouvenin J. La détonique. Editions Valor. 1997

Propagation de l'onde de choc

- Air : 300 m / sec
- Eau : 1500 m / sec
- Solide : 5000 m / sec



Propagation en milieu liquide

Eau : 800 fois plus dense
10.000 fois moins compressible
→ « blast pur »

Propagation de l'onde de choc

Air

distance

Eau

« 0 » kPa

3000 m

52 kPa

52 kPa

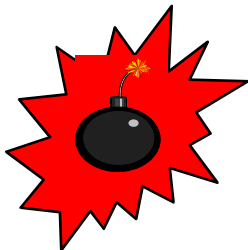
15 m

11 730 kPa

1380 kPa

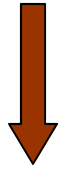
5 m

34 500 kPa



50 kg TNT = 172 500 kPa

Milieu aérien clos



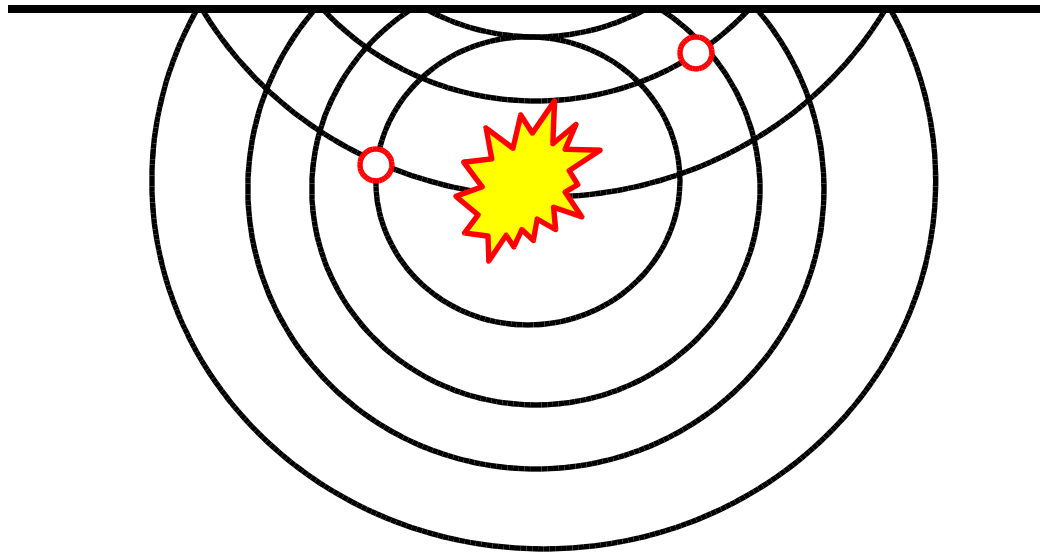
Réverbération
de l'onde de choc
contre murs et cloisons



Amplification de l'onde,
sommation d'ondes
successives



Réflexion



Thouvenin J. La détonique. Editions Valor. 1997

Milieu ouvert ou confiné

	Décès	Blasts primaires	Blasts pulmonaires
Milieu ouvert <i>(n = 204)</i>	7,8%	34,2%	6,4%
Milieu confiné <i>(n = 93)</i>	49%	77,5%	32,5%

(Leibovici D. J Trauma 1996;41:1030-5)

Blast

- **mécanisme**
- fréquence
- gravité
- otoscopie
- diagnostic
- formes retardées
- triage
- prise en charge spécifique

Mécanismes lésionnels

- ~~compression-détente ?~~
- transmission pression !

- poumons
- intestin
- tympan
- cerveau
- foie, rate
- cœur, œil
- os

Atteinte possible
des organes pleins

+ + +

Le blast tympanique

- Tympan = organe le plus sensible (0,3 bar)
- Influence de la position de la tête
- Bilatérale dans 10% des cas
- Lésions :
 - hémotympan
 - perforation
 - atteinte ossiculaire rare

Est-ce du blast ?



Blast pulmonaire



Impaction
=
« rib marking »

Blast digestif

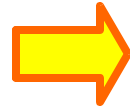
- Seuil lésionnel = poumon
- Blast liquidien ou très proche explosion
- Très rarement isolé
- Lésions : contusions, perforations
- Clinique parfois retardée

Organes pleins

Pression

Accélération

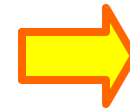
Cisaillement



Reins

Foie

Rate



pétéchies

contusions

lacérations

ruptures

(Cooper G.J.J R Army Med Corps 1989;135:58-67)

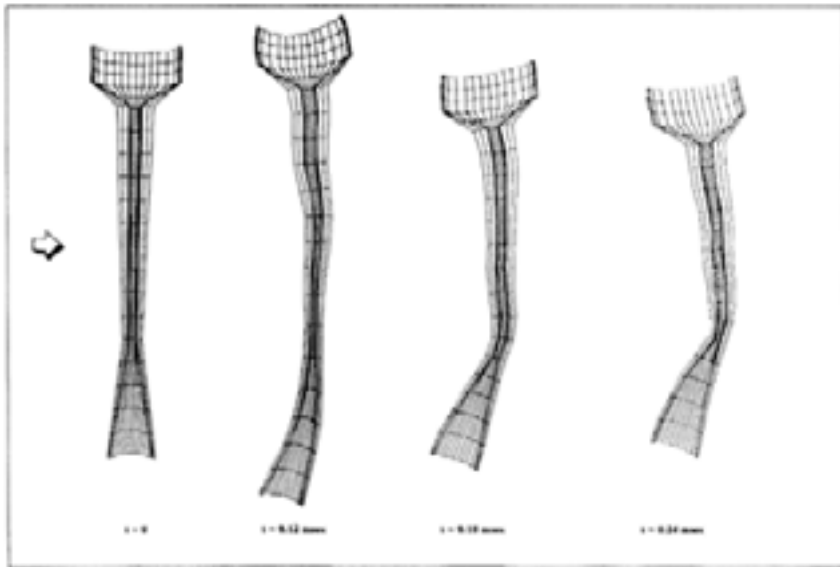
Blast cardiaque ?

- Littérature pauvre ...
- Contusion myocardique ?
(ECG, troponine, écho)
- Blast I ou III ?
- Catécholamines ?
- Embolie gazeuse ?

(Cooper GJ. J R Army Med Corps 1989;135:58-67)

Lésions osseuses

Blast aérien :



*Hull JB. J Trauma 1996;
40(3):S198-S205.*

Blast en milieu solide :
« pied de pont »



*Photos Drs Rigal et Gunepin
Hôpital Percy*

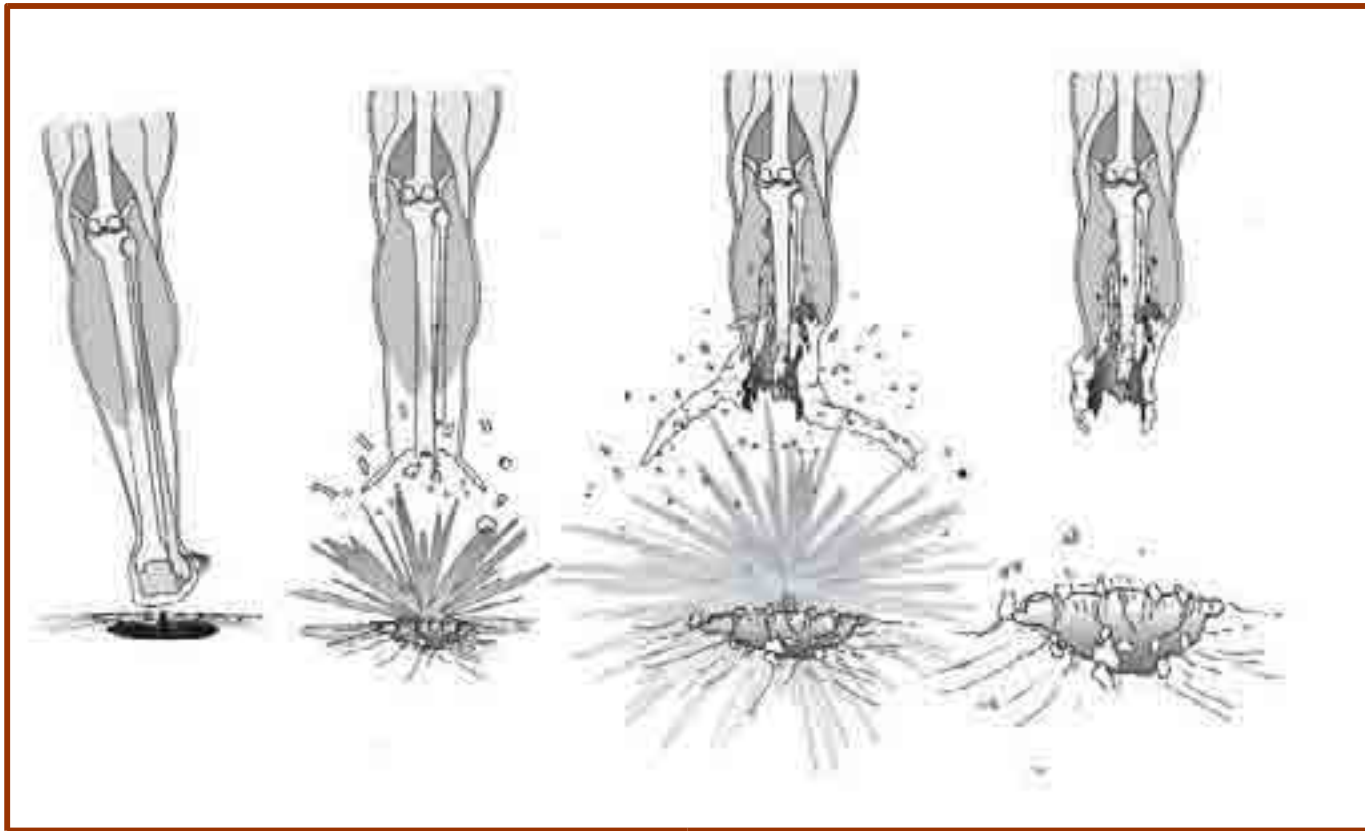
« Claque de pont »

(Karachi 2002)



Photos Pr Rigal et Dr Gunepin
Hôpital Percy

Mines anti-personnel



Blast

- mécanisme
- **fréquence**
- gravité
- otoscopie
- diagnostic
- formes retardées
- triage
- prise en charge spécifique

Fréquence du blast

Nom	Année	Nb vic	% blast	espace
Frykberg	1988	3357	0,6	ouvert
Katz	1989	55	20	fermé
Leibovici	1999	647	8	mixte
Avidan	2005	960	3	fermé
Gutierrez	2005	243	8	fermé

Blast

- mécanisme
- fréquence
- **gravité**
- otoscopie
- diagnostic
- formes retardées
- triage
- prise en charge spécifique

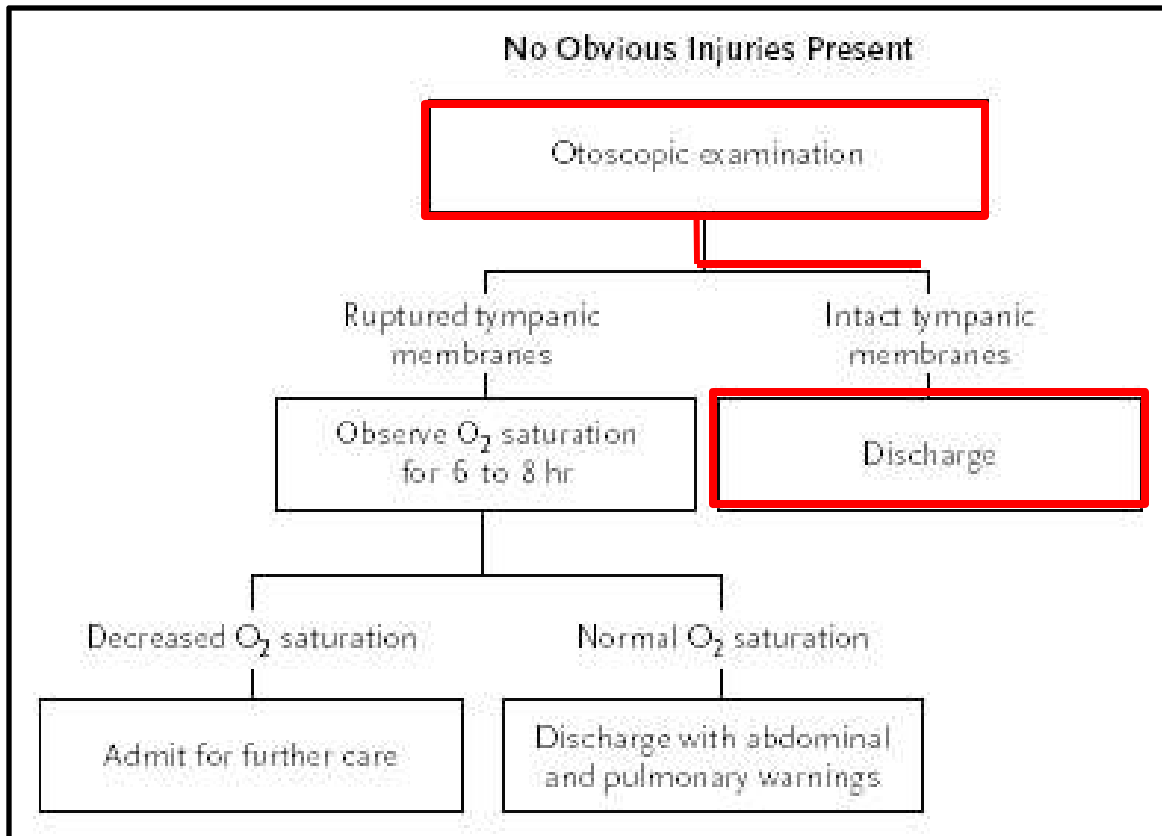
Gravité

- 17 à 45 % des morts
(Hadden WA. Br J Surg 1978)
(Frykberg ER. Ann Surg 1988)
- Mortalité selon le milieu :
1,3 % en « ouvert »
13 % en « fermé »
(Leibovici D. J Trauma 1996)
- Mortalité critique : 0 à 37 %
(Frykberg ER. J Trauma 2002)

Blast

- mécanisme
- fréquence
- gravité
- **otoscopie**
- diagnostic
- formes retardées
- triage
- prise en charge spécifique

Otoscopie ?



Tympan normal



Pas de blast ?

DePalma RG. N Engl J Med 2005;352:1335-42

Otoscopie et faux négatifs

828 victimes, groupe > 550 kPa

38 %

Mellor SG. Br J Surg 1989

647 survivants - 7,5% blast

33 %

Leibovici D. Ann Emerg Med 1999

243 survivants - 8 % blast

33 %

Gutierrez JP. Crit Care Med 2005

Blast

- mécanisme
- fréquence
- gravité
- otoscopie
- **diagnostic**
- formes retardées
- triage
- prise en charge spécifique

Blast pulmonaire

Signes cliniques

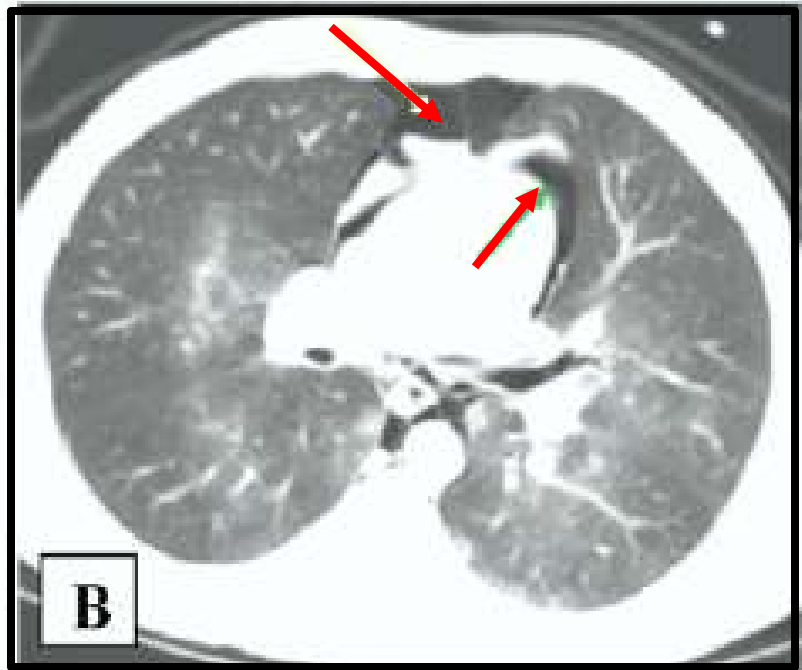
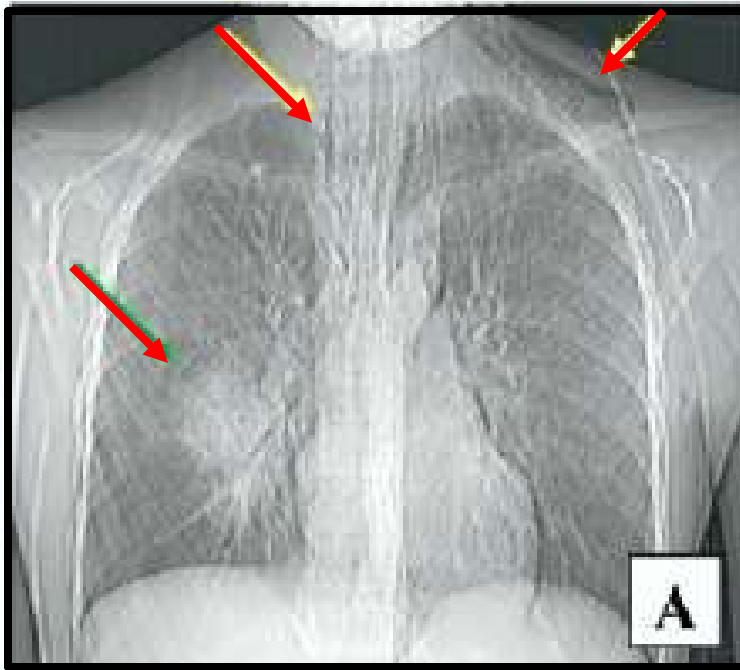
- **SF** : difficultés respiratoires, douleur thoracique, toux, crachats sanglants
- **SP** : respiration rapide, doigts et lèvres bleus (cyanose), air intrapariétal, crépitants

Pizov R. J trauma 1999

Pats B. EMC Anesthésie réanimation 2000

Blast pulmonaire

Signes radiologiques



Avidan V. Am J Surg 2005

Blast

- mécanisme
- fréquence
- gravité
- otoscopie
- diagnostic
- **formes retardées**
- triage
- prise en charge spécifique

Blast « à retardement » ?


- Oxygénation mauvaise à l'entrée
(Sorkine P. J Trauma 1999)
- pas de blast
(Leibonson R. N Engl J Med 1999)
- intubation
(Avidan V. Am J Surg 2005)
- symptomatologie d'emblée
(Ashkenazi I. N Engl J Med 2005)

Non !

Blast

- mécanisme
- fréquence
- gravité
- otoscopie
- diagnostic
- formes retardées
- **triage**
- prise en charge spécifique

Le triage : une nécessité !

- majorité de petits blessés
(Hirshberg A. *J trauma* 1999)
(Gutierrez JP. *Crit Care Med* 2005)
- « surtriage »  surmortalité
(Frykberg ER. *J Trauma* 2002)
- *gravité en hausse*
(Peleg K. *N Engl J Med* 2005)



« Explosion » de gaz en milieu urbain

- pas de blast !
- lésions tympaniques +
- lésions projectilaires +
- brûlés + +
- ensevelis +/-
- létalité < 10%



Explosion en milieu ouvert

- létalité < 10 %
- lésions tympaniques + +
- lésions projectilaires +++
- blast pulmonaires +/-



Charge « faible »
(qq kg de TNT)
milieu clos
(RER, bus...)

- peu de morts (amputés...)
- lésions tympaniques + + +
- lésions projectilaires + + +
- blast pulmonaire + +
- létalité $\leq 10 \%$



Hôtel Hilton à Taba (2004)

- recherche des victimes
- pas de blast
- ensevelissement +++
- létalité >> 10 %

Charge importante
« voiture suicide »
> 100 kg de TNT



Oklahoma city (1995)

Blast

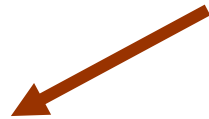
- mécanisme
- fréquence
- gravité
- otoscopie
- diagnostic
- formes retardées
- triage
- **prise en charge spécifique**

Prise en charge spécifique

NON !

« Comme d'habitude »,

on traite :



Les détresses

*(état de choc,
difficulté respiratoire...)*



Les lésions

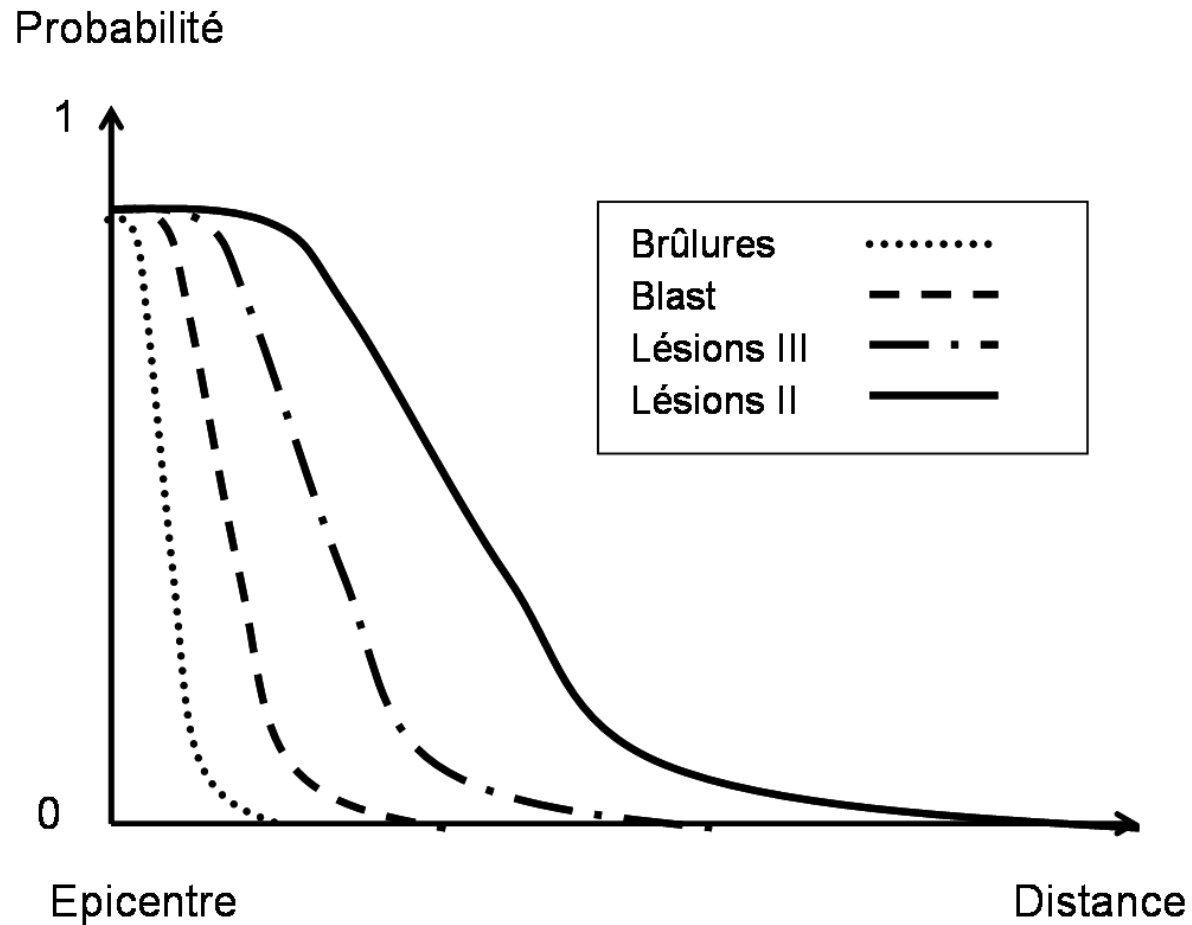
(fracture, plaie)

Les lésions

- « primaires » : blast
- « secondaires » : **projectiles**
- « tertiaires » : projection

« autres effets » : brûlures,
intoxications, ensevelissement,
traumatismes psychiques

Répartition des lésions



Lésions projectilaires

- les plus fréquentes
 - terrorisme urbain
 - rayon vulnérant le plus étendu
- inhabituelles en Europe
- multiples
- difficiles à diagnostiquer
- imagerie = « goulet d'étranglement »

Hirshberg A. J Trauma 1999

Peleg K. N Engl J Med 2005

Lésions projectilaires



- Tchad, 40 km d' Abéché
- Grenade à fusil milieu aérien ouvert
- 5 blessés

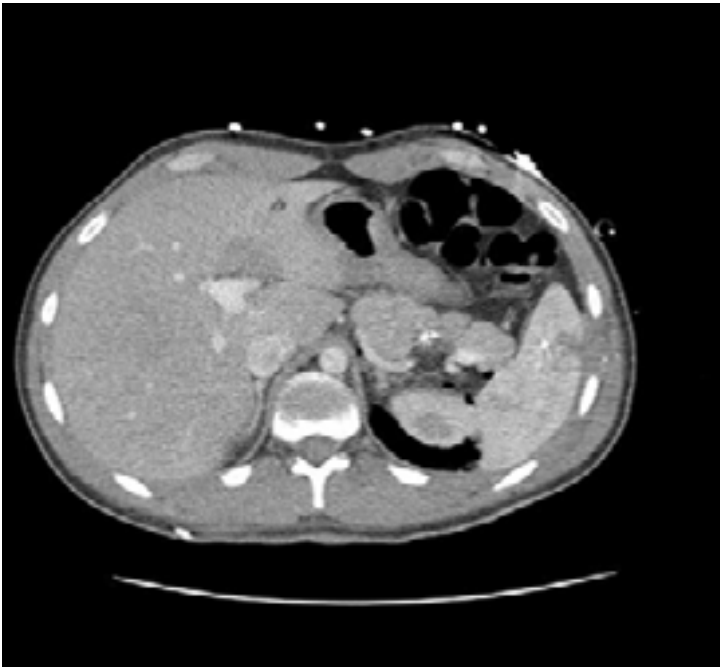






Examens paracliniques





Transfusions

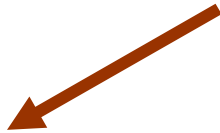
Opérations

Prise en charge
« classique »
(mais très lourde)

Prothèse

Rééducation

Soutien psychologique



Conclusion

Lésions projectilaires

Pas de blast dans les explosions de gaz

« Treat the wound, not the weapon »

(Lindsey D. Emergency war surgery NATO handbook)

Nécessité d'un triage pré-hospitalier

Protocole d'accueil hospitalier

Les mines

Des chiffres...

- 100 millions de mines
- 2,5 millions de plus/an
- 70 pays concernés
- Afghanistan, Angola, Cambodge + + +
- 10.000 morts / an
- 14.000 blessés / an

Source : Comité International de la Croix-Rouge

Mines anti-personnel

- Mines statiques
- Mines bondissantes (meurtrières + +)
- Mines à fragmentations
- IED (Improvised explosive device)

Traité d'Ottawa (1999)

signé par 144 pays

Chine

Inde

Corée du Sud

Pakistan

Russie

USA



(stocks de 180 millions
de mines)

... ont refusé de signer le traité !

Conséquences

- Médicales :
 - ↑ blessés et morts
 - ↓ aide médicale
 - ↓ aide alimentaire
 - ↑ malnutrition
 - ↑ réfugiés



Giannou Ch. BMJ 1997;315:1453-1454

Conséquences

- Socio-économiques :
 - ↓ agriculture
 - ↑ exode rurale
 - ↓ trafic routier
 - ↓ économie
 - tensions ethniques



Giannou Ch. BMJ 1997;315:1453-1454

Actions à mener

- déminage
- éducation
- aide médicale
- aide économique

... à adapter à chaque pays

Giannou Ch. BMJ 1997;315:1453-1454

Réflexion préalable

- Nb de morts et de blessés
- Capacité du système de santé
- Zones touchées : industrielles, rurales, urbaines
- % population touchée
- Retentissement économique
- Densité de population
- Etat des voies de communication
- Capacité propre de déminage du pays
- Notion de sécurité
- Méthodes de déminage

Aide médicale

- premiers soins
- transfusion
- amputation
- pansements
- prothèse
- rééducation
- réhabilitation

Giannou Ch. BMJ 1997;315:1453-1454

Des chiffres...

- une mine : 2,5 à 25 €
 - déminage (1 mine) : 250 à 800 €
 - soins à un blessé : 2500 à 4000 €
 - besoins en sang x 3
 - interventions chir x 4
- } par rapport aux autres blessures de guerre

Source : Comité International de la Croix-Rouge