

# L'échographie pulmonaire chez le patient critique

Daniel Lichtenstein  
Service de Réanimation Médicale  
Hôpital Ambroise-Paré  
Boulogne (Paris-Ouest)  
France



“Les poumons représentent un obstacle majeur à l’utilisation de l’échographie au niveau du thorax”.

*In* Harrison PR. Principles of Internal Medicine. 1992:1043

Pour constater que ce dogme n’est fondé sur rien, il faut débiter par un matériel adéquat.

L’appareil idéal (que nous utilisons) a toutes les qualités, la simplicité et un coût faible.

Il est rarement présent sur place et nous indiquerons les moins mauvais compromis pour pouvoir déjà se faire cette idée.



# L'instrument

Technique de base

Poumon normal

Epanchement pleural

Consolidation alvéolaire

Syndrome interstitiel

Pneumothorax

Diverses applications



# L'appareil adéquat

L'idée (simple) de l'utilisation de l'échographie générale par le réanimateur a été développée à l'aide d'un appareil de génération 1982 (ADR-4000\*), puis d'un appareil de génération 1992 (toujours fabriqué).

Les appareils « modernes » ne font pas mieux - et sont paradoxalement souvent moins adaptés.

\* Des images issues de cet appareil figurent dans cette présentation

Intensive Care Med (1993) 19:353 – 355

Intensive Care  
Medicine

© Springer-Verlag 1993

**Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit**

Prospective study of 150 patients

Received: 1 July 1991; accepted: 3 December 1992



# Nos pré-requis souhaitables pour le choix de l'appareil (I)

Le même matériel permet une *approche pulmonaire et corps-entier* du patient critique

Le Doppler n'est *pas* indispensable à ce niveau

Un appareil ultraminiature n'est *pas* indispensable pour un usage hospitalier

Notre appareil est depuis 1991 suffisamment petit (30 cm de large). Les appareils ultraminiatures montés sur des chariots surdimensionnés prennent plus de place au sol. La dimension importante n'est pas la hauteur (force des laptops) mais la largeur. De plus, le couvercle d'un laptop est une faiblesse : ne pouvant rien déposer dessus, les fabricateurs ont développé les porte-sonde latéralement, augmentant encore l'encombrement latéral.



## Nos pré-requis souhaitables pour le choix de l'appareil (II)

La résolution doit être adaptée au poumon - *tout en permettant une approche corps-entier adéquate*

Les résolutions de la majorité des appareils cardiaques encombrants ou ultraminiatures ne sont pas optimales

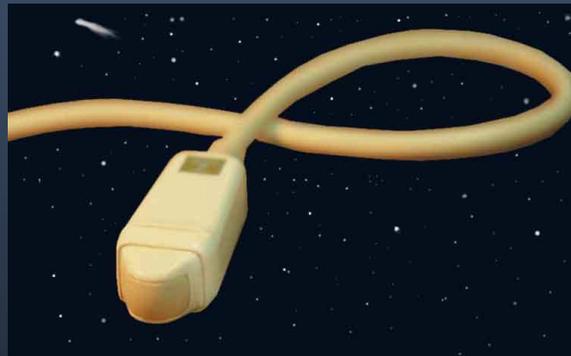
*Une seule sonde* permet une approche corps entier - une microconvexe de 5 MHz

Le clavier (et la sonde) doit être *lavable* : proscrire les claviers à boutons et aspérités

Le matériel doit être *immédiatement* opérationnel : les systèmes "laptop" (2/3 mn d'attente) sont trop lents



Ces pré-requis sont disponibles depuis  
1992 sur notre appareil, de conception  
simple et toujours sur le marché en 2008



Il est difficile de retrouver l'ensemble de ces pré-requis  
de cet appareil pour la réanimation et l'urgence dans les appareils  
actuels dédiés à cet usage.



Ceux qui ne peuvent accéder qu'à des appareils d'échocardiographie ou à des laptops ultraminiatures pourront malgré tout se faire une idée

Ce sera plus ou moins difficile en fonction du matériel



Le moins mauvais compromis en *ergonomie* est obtenu par l'emploi des sondes phased-array



Le moins mauvais compromis en *résolution* d'image est obtenu avec une sonde abdominale



L'instrument

## **Technique de base**

Poumon normal

Epanchement pleural

Consolidation alvéolaire

Syndrome interstitiel

Pneumothorax

Diverses applications



# Conduite pratique d'un examen de base



Niveau 1



Niveau 2



Niveau 3

Niveau 1 = paroi antérieure en decubitus dorsal (à la surface terrestre)

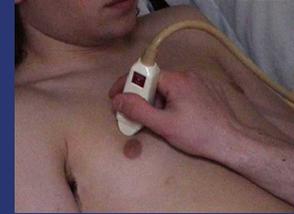
Niveau 2 = plus paroi latérale

Niveau 3 = plus zone 3

La petite taille de la sonde est un avantage décisif pour une exploration aisée (le Stage 3 permet une analyse quasi-postérieure)



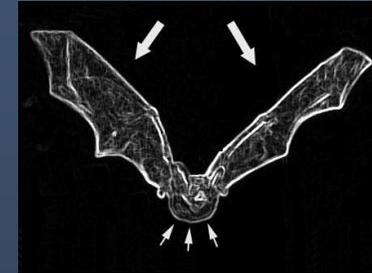
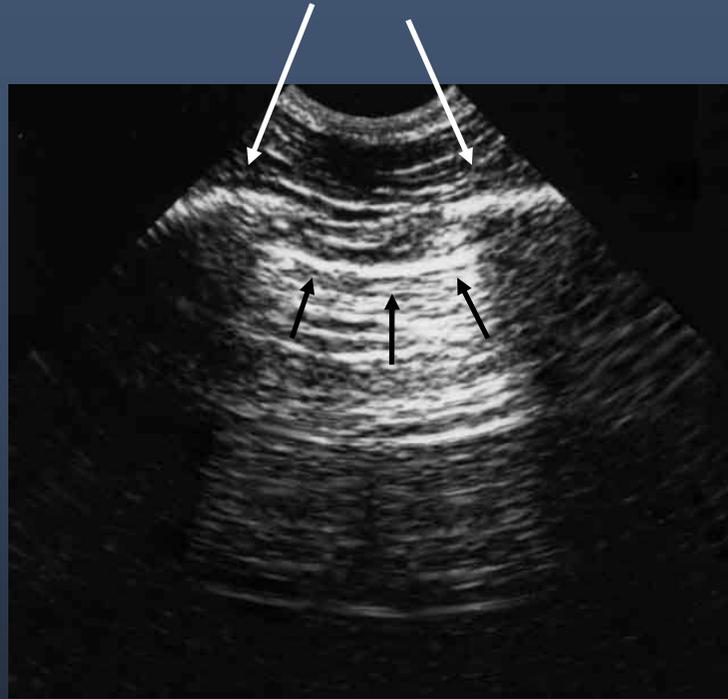
# Pourquoi une approche exclusivement longitudinale (en début de formation) ?



- 1) pour la stabilité de l'image
- 2) pour la stabilité des repères
- 3) comptage immédiat des artefacts
- 4) peut influencer sur la sémiologie des artefacts
- 5) pour exploiter la sonde multi-usage (utilisation corps entier)



## La ligne pleurale (flèches noires)



Signe de la chauve-souris

La ligne pleurale forme, avec le relief des côtes sus et sous-jacentes (flèches blanches), un repère permanent

Le relief côte supérieure - ligne pleurale - côte inférieure (signe de la chauve-souris) est un temps basique de l'exploration pulmonaire. Ce signe permet de repérer avec exactitude et dans toutes les circonstances la surface pulmonaire.



L'instrument

Technique de base

**Poumon normal**

Epanchement pleural

Consolidation alvéolaire

Syndrome interstitiel

Pneumothorax

Diverses applications



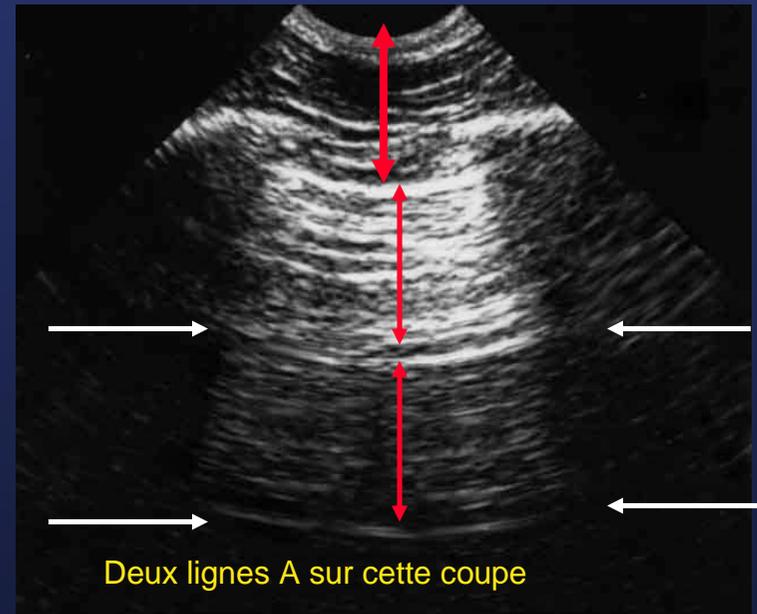
La surface pulmonaire normale  
Un signe statique  
La ligne "A"

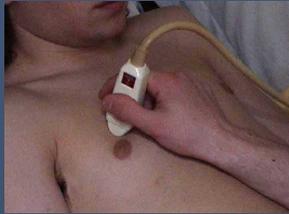
Ligne horizontale

Naissant de la ligne pleurale

Equidistante (répétition)

Exclusive ou prédominante





# La surface pulmonaire normale Un signe dynamique Le glissement pleural

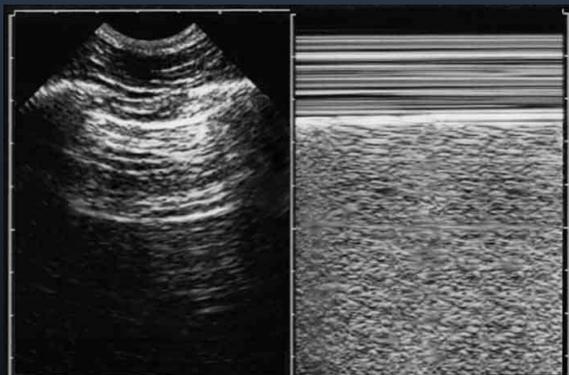
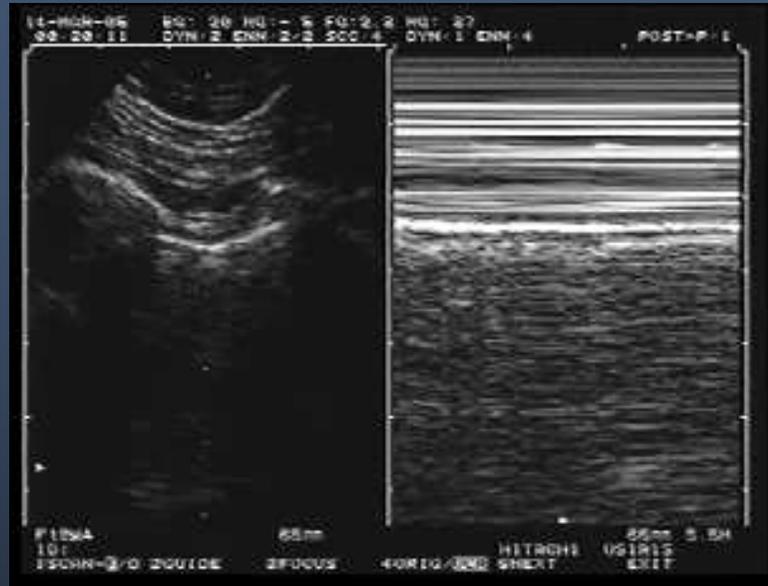


Le glissement pleural traduit le mouvement de la plèvre viscérale contre la plèvre pariétale.

Il disparaît quand le feuillet viscéral ne glisse plus (chute de l'ampliation, atelectasie, symphyse pleurale, apnée...) ou est décollé (épanchement pleural, pneumothorax)



# Glissement pleural et signe du bord de mer



Les vagues



La plage

Le mode TM permet d'objectiver le glissement pleural. Le Doppler n'est *pas nécessaire*



L'instrument

Technique de base

Poumon normal

**Epanchement pleural**

Consolidation alvéolaire

Syndrome interstitiel

Pneumothorax

Diverses applications



# Epanchement pleural

Technologie 1982

QuickTime™ et un décompresseur  
Sorenson Video sont requis pour visualiser  
cette image.

Acquis familier de l'échographie (Dénier, 1946; Joyner, 1967).

Les signes de base sont

- une image dépendante,
- image transsonore dans les cas les plus fréquents, mais échogène dans les cas les plus graves (hémothorax, empyème),
- deux signes caractéristiques (pas dans les livres) : signe du dièse, signe de la sinusoïde

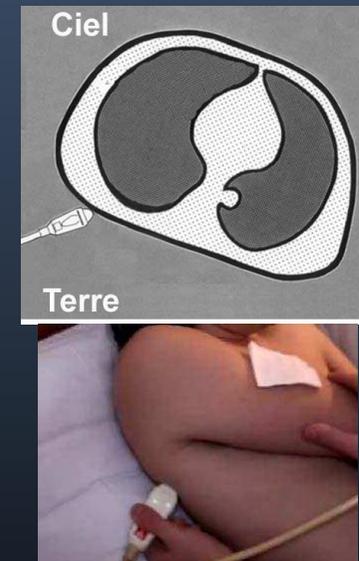


# Le point pleural

Une sonde (*courte*) positionnée en stage 3 à la jonction entre la ligne axillaire postérieure et la ligne mamelonnaire (horizontale) explore le "point pleural", un point standardisé pour diagnostiquer immédiatement la quasi-totalité des épanchements pleuraux de toutes tailles.

Oublier la voie sous-costale des radiologues

Sans une sonde courte, l'échographie pulmonaire sera plus difficile à mettre en pratique



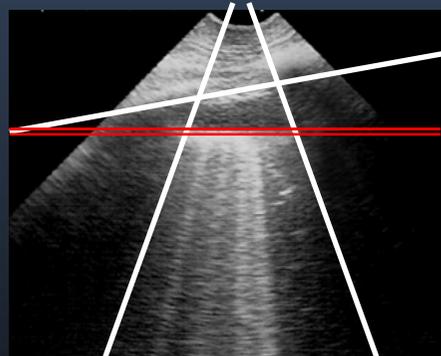
# Le diagnostic d'épanchement pleural

## 1) Un signe statique basique Le signe du "dièse"

L'épanchement est *toujours* limité par

La ligne pleurale (plèvre pariétale)

L'ombre de  
la côte  
supérieure



L'ombre de  
la côte  
inférieure

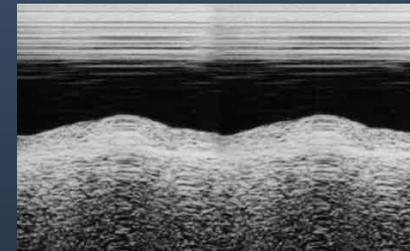
La "ligne pulmonaire" (plèvre  
viscérale): toujours *régulière*



# Le diagnostic d'épanchement pleural

## 2) Un signe dynamique basique Le signe de la sinusoïde

QuickTime™ et un décompresseur  
Sorenson Video sont requis pour visualiser  
cette image.

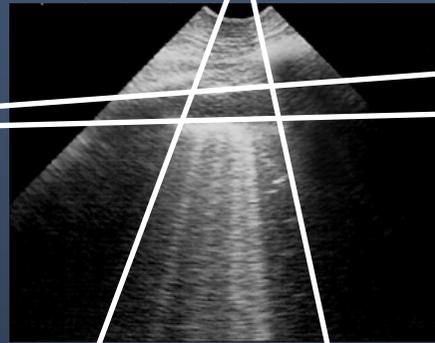


Temps réel

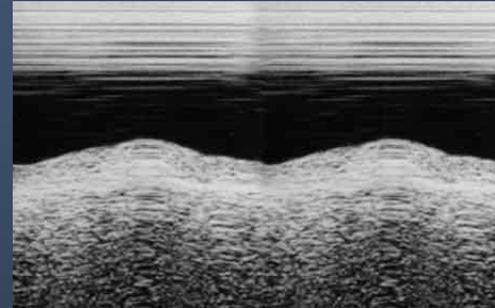
Temps-  
mouvement



# Le diagnostic d'épanchement pleural Dièse plus sinusoïde



Sensibilité 94%



Spécificité 97%

Intensive Care Med (1999) 25: 955–958  
© Springer-Verlag 1999

ORIGINAL

**Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis  
in mechanically ventilated patients**

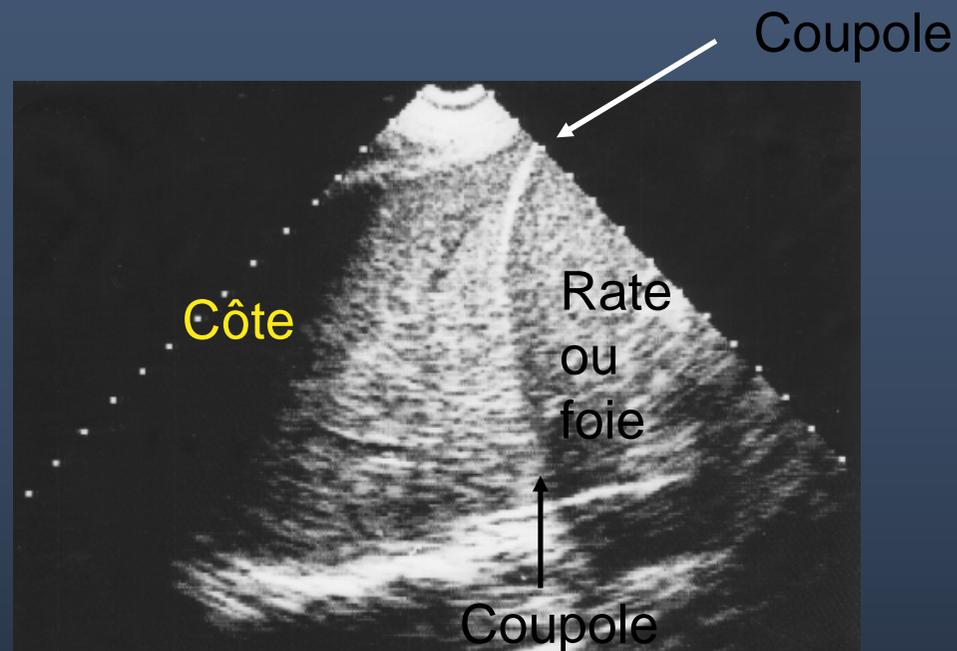


L'instrument  
Technique de base  
Poumon normal  
Epanchement peural  
**Consolidation alvéolaire**  
Syndrome interstitiel  
Pneumothorax  
Diverses applications



## Consolidation alvéolaire

Technologie 1982



## Pneumopathie massive à pneumocoque du lobe inférieur gauche

Image d'allure tissulaire, sans signe de la sinusoïde et avec  
signe de la scie (les autres critères sont moins basiques).



# Consolidation alvéolaire

QuickTime™ et un décompresseur  
Sorenson Video sont requis pour visualiser  
cette image.

**Sensibilité 90% Spécificité 98%**

Intensive Care Med (2004) 30:276–281  
DOI 10.1007/s00134-003-2075-6

ORIGINAL

**Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation  
in the critically ill**

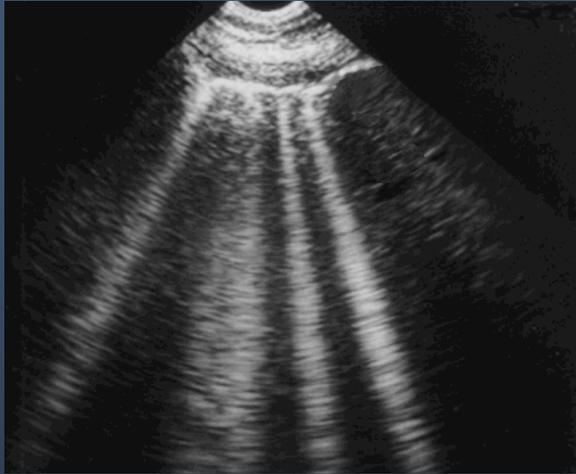


D. Lichtenstein - Réanimation Médicale - Hôpital Ambroise-Paré

L'instrument  
Technique de base  
Poumon normal  
Epanchement peural  
Consolidation alvéolaire  
**Syndrome interstitiel**  
Pneumothorax  
Diverses applications



## Lignes B et syndrome interstitiel



Technologie 1982

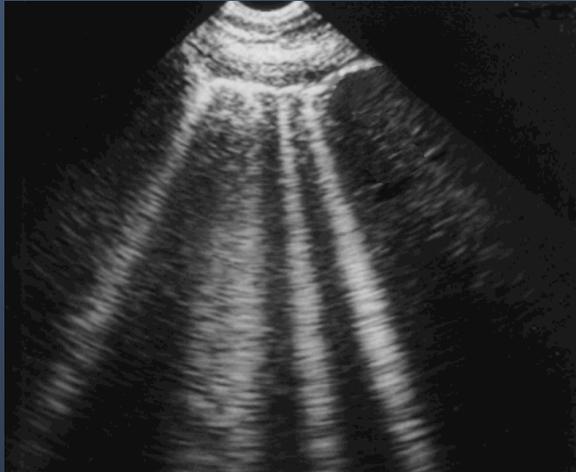
La ligne B est :

- 1 - un artefact en queue de comète
- 2 - naissant de la ligne pleurale
- 3 - bien défini (laser)
- 4 - hyperéchogène
- 5 - descendant sans épuisement
- 6 - effaçant les lignes horizontales de répétition de la ligne pleurale (les lignes A)
- 7 - tributaire du glissement pleural

Par ses 7 caractères, la ligne B se distingue de tous les autres artefacts qui peuvent se rencontrer au niveau notamment thoracique, et qu'on ne détaillera pas ici : lignes E, K, N, Z...



## Lignes B et fusées pleurales

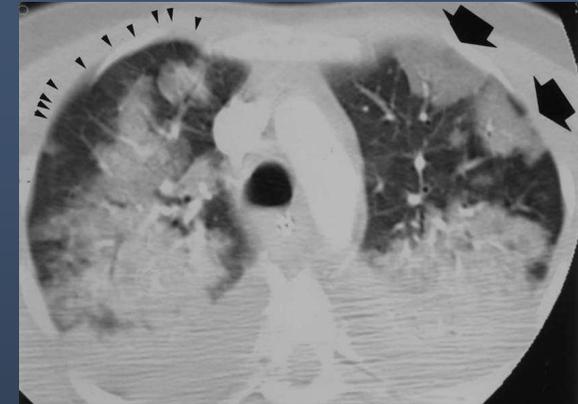
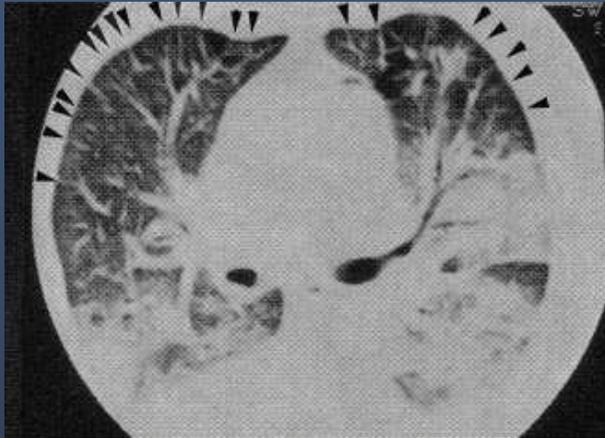


Fusées pleurales = terme désignant plusieurs (au moins 3) lignes B simultanément visibles sur une même coupe, longitudinale, entre 2 côtes

(PS : certains ont décidé de renommer nos “lung rockets” en “lung comets”. A vous de choisir comment vous déciderez de les appeler)  
(lung rockets = terme publié en 1997)



# Fusées pleurales diffuses et syndrome interstitiel



Sensibilité et spécificité 93% quand l'examen de référence est la radiographie. Concordance *totale* quand l'examen de référence est le scanner. Les "fusées pleurales" sont corrélées avec les septa interlobulaires sous-pleuraux épaissis, ainsi qu'avec les opacités interstitielles en verre dépoli

AM J RESPIR CRIT CARE MED 1997;156:1640-1646.

## The Comet-Tail Artifact

An Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome



D. Lichtenstein - Réanimation Médicale - Hôpital Ambroise-Paré

L'instrument  
Technique de base  
Poumon normal  
Epanchement peural  
Consolidation alvéolaire  
Syndrome interstitiel  
**Pneumothorax**  
Diverses applications



# Pneumothorax

## Introduction au diagnostic de l'air dans l'air

Le feuillet viscéral est décollé, non visible, et ne peut générer de glissement pleural ni de ligne B.

QuickTime™ et un décompresseur Sorenson Video sont requis pour visualiser cette image.

Cette image montre deux points importants

- 1) Aucune dynamique n'est visible au niveau de la ligne pleurale, et seules des lignes A sont visibles
- 2) Un appareil de génération 1982 (ici, un ADR-4000®) était capable de faire ce type de diagnostic, *au lit du patient*



# Pneumothorax

## Introduction au diagnostic de l'air dans l'air



On recherche le pneumothorax libre d'abord en niveau 1.

Trois signes principaux suffisent dans la majorité des cas. C'est de un, deux ou des trois signes qu'on aura besoin.

Un glissement aboli fait seulement suspecter le pneumothorax, un glissement (culminant) présent l'élimine.

Des lignes B éliminent le pneumothorax là où elles sont détectées. Un glissement aboli mais avec lignes B (donc fixes) est un signe de bon accolement pleural.

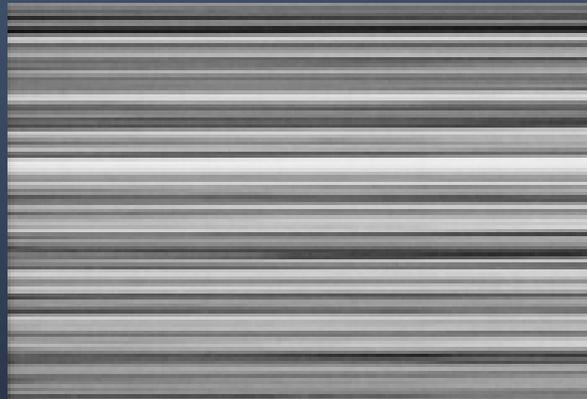
Un glissement aboli associé à des lignes A exclusives est un ensemble seulement évocateur de pneumothorax. On cherchera alors le 3ème signe (point poumon) latéralement.



# Pneumothorax

## Glissement pleural aboli et signe de la stratosphère

QuickTime™ et un décompresseur  
Animation JPEG B sont requis pour visualiser  
cette image.



Le signe de la stratosphère objective l'abolition du glissement pleural

Sensibilité 100%

Spécificité 91 à 60%



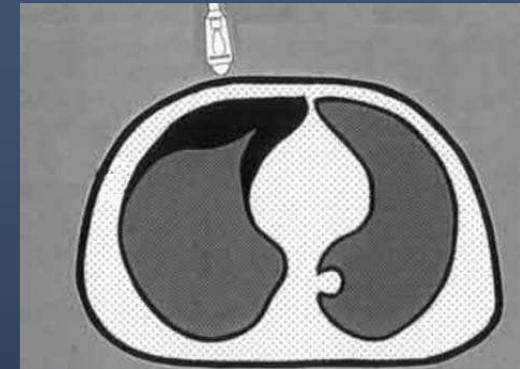
Chest (1995) 108:1345-1348

A Bedside Ultrasound Sign Ruling Out Pneumothorax  
in the Critically Ill: Lung Sliding



# Pneumothorax et signe de la ligne A

QuickTime™ et un décompresseur  
Sorenson Video sont requis pour visualiser  
cette image.



Sensibilité 100% et spécificité 60%  
pour le pneumothorax complet

Intensive Care Med (1999) 25: 383–388  
© Springer-Verlag 1999

ORIGINAL

**The comet-tail artifact: an ultrasound sign  
ruling out pneumothorax**



# Pneumothorax et point poumon

Apparition inspiratoire immédiate (on-off) d'une sémiologie pulmonaire au niveau où le poumon décollé accroît (même de façon infime) sa surface de contact pariétal

QuickTime™ et un décompresseur Cinepak sont requis pour visualiser cette image.

Sensibilité 66% Spécificité 100%

Le point poumon est exigé pour le diagnostic de pneumothorax, car ce signe, spécifique, permet un geste salvateur en sécurité

Le terme "point poumon" assume la notion d'un glissement pleural aboli et de lignes A, en totalité ou partie de la paroi antérieure (niveau 1)

Intensive Care Med (2000) 26: 1434-1440  
DOI 10.1007/s001340000627

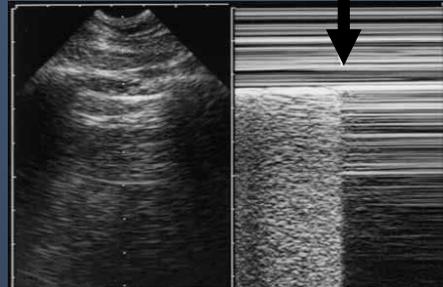
ORIGINAL

**The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax**



# Pneumothorax et point poumon

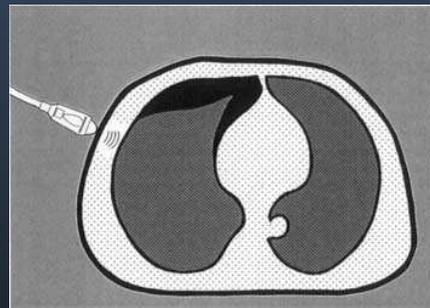
Le mode TM  
objective le  
point poumon



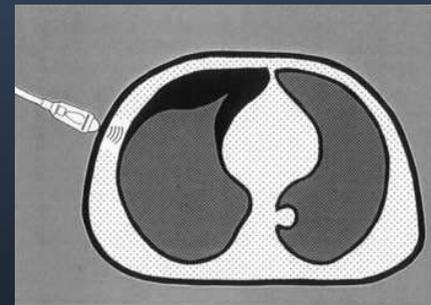
Le point poumon  
permet d'affirmer le  
pneumothorax, d'objectiver son  
volume, et de vérifier que les  
signes sus-jacents (glissement  
aboli notamment) ne sont pas  
liés à une mauvaise technique

Sensibilité 66% Spécificité 100%

Inspiration



Expiration



Intensive Care Med (2000) 26: 1434-1440  
DOI 10.1007/s001340000627

ORIGINAL

**The "lung point": an ultrasound sign  
specific to pneumothorax**



L'instrument  
Technique de base  
Poumon normal  
Epanchement pleural  
Consolidation alvéolaire  
Syndrome interstitiel  
Pneumothorax  
**Diverses applications**



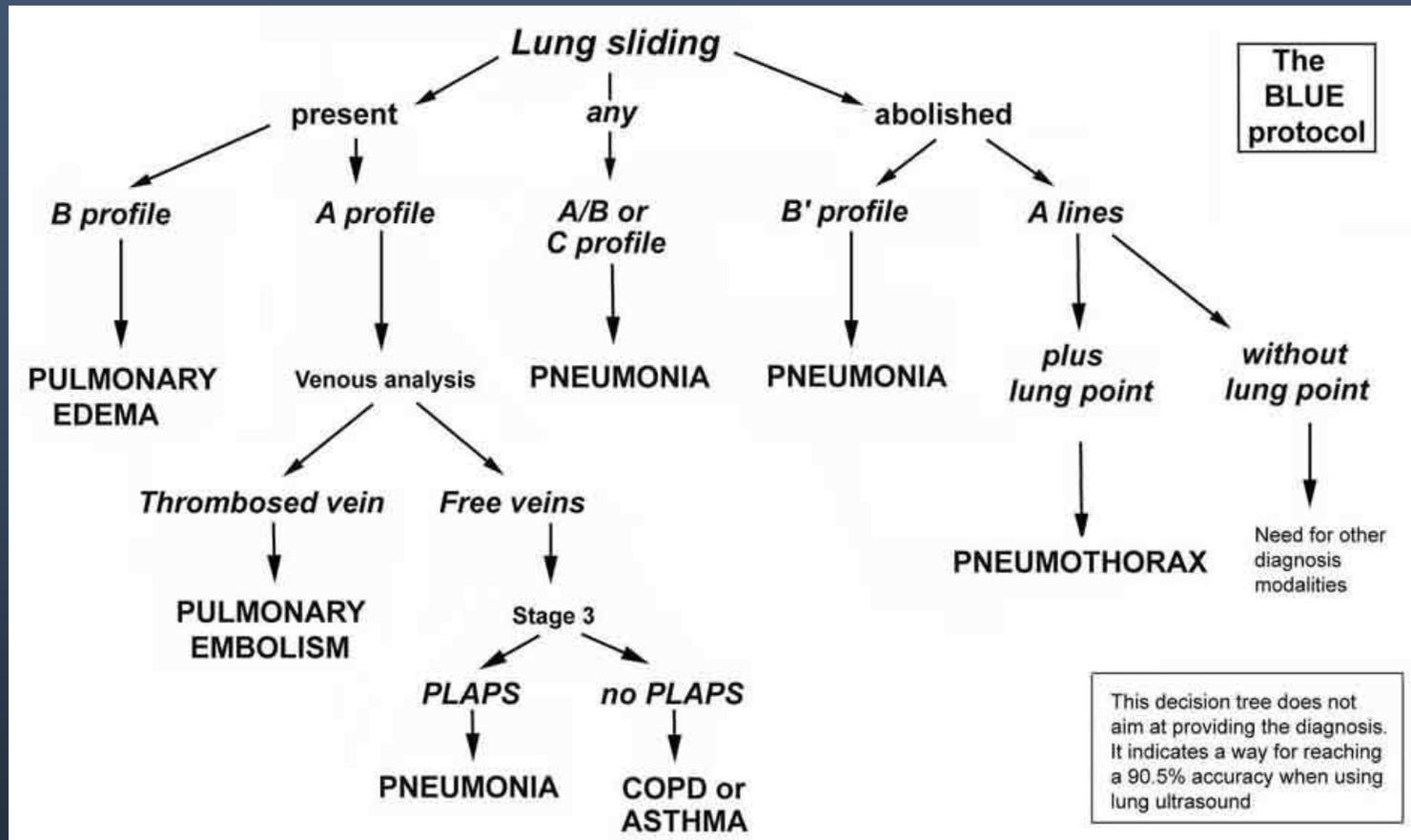
# Echographie pulmonaire, le reste

De multiples applications sont accessibles - nature et volume de l'épanchement pleural - distinction entre consolidation rétractile (atélectasie) et non rétractile - abcès pulmonaire - distinction entre septa interlobulaires épaissis et lésions en verre dépoli - contusion pulmonaire - surdistension - recrutement alvéolaire - diagnostic immédiat de l'atélectasie au stade encore aéré - distinction OAP cardiogénique et lésionnel - fonction phrénique - ponction pleurale écho-assistée sous ventilation spontanée comme artificielle - échographie pulmonaire chez le nouveau-né - aide au remplissage vasculaire ETC.

Vient de paraître (Chest 2008) : le BLUE-protocol, une approche simple permettant le diagnostic d'une défaillance respiratoire aiguë



# Le BLUE-protocol



CHEST 2008;134:117-125



# Le BLUE-protocol

Le principe : une analyse purement échographique du poumon et du système veineux permet de catégoriser l'examen en un de 7 profils caractéristiques. Cet arbre décisionnel permet d'obtenir le diagnostic correct des 5 à 6 affections aiguës les plus fréquentes (qui constituent 97% des urgences vues) dans 90.5% des cas. L'adjonction des habituels éléments cliniques de base augmente ce taux. L'adjonction d'examens complémentaires de base (radiographie thoracique, ECG, échocardiographie) permet une amélioration supplémentaire de ce score.

Le premier but du BLUE-protocol est de fournir une forte orientation immédiate et donc un soulagement plus rapide du patient.

Le second but est de diminuer le recours en examens complexes, longs, irradiants ou douloureux (scanner en tête, gaz du sang, et éventuellement radiographie dans des cas particuliers : femme enceinte, régions démunies).



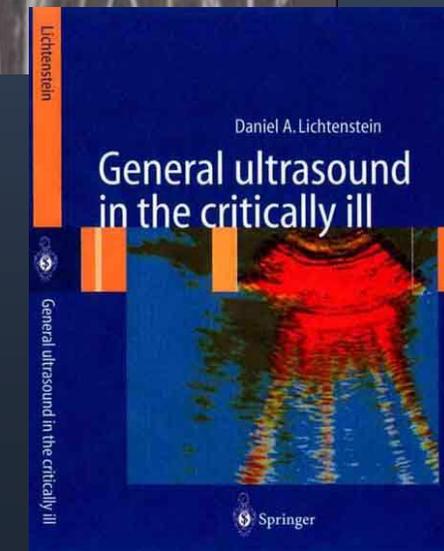
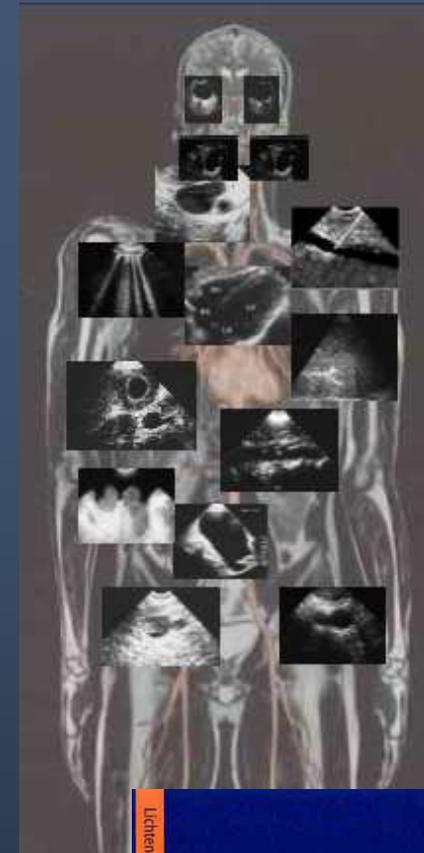
## Note : l'échographie pulmonaire n'est qu'une partie d'une approche corps entier du patient critique

Cet ouvrage a proposé en 1992 (1ère Ed.) le domaine de l'échographie critique. Des *acronymes* populaires tels que :

FAST  
NICE  
FEER  
FATE  
CUSE  
PLUS

et extensions diverses (E-FAST, FAST-CRASH, .....

sont décrits dans cet ouvrage avec des *noms* : recherche de sang libre, cathétérisme veineux, simple échographie cardiaque d'urgence, recherche d'épanchement pleural, OU, pour faire plus court : "Echographie corps entier"...



## Un détail pour ceux qui aimeraient ne plus avoir à utiliser le gel classique

Une solution permettant le couplage ultrasonique et ayant l'avantage de disparaître spontanément quelques minutes après application sera bientôt disponible. Elle permettra par ailleurs un gain de temps crucial lors de l'exploration de points éloignés (approche corps entier).



# Applications cliniques de l'échographie pulmonaire

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>I - Avoid Referral to CT</b>         | <b>VI - Pulmonary Edema vs COPD</b> |
| <b>II - Limit Bedside Radiographies</b> | <b>VII - Pulmonary Embolism</b>     |
| <b>III - Decrease Radiation Doses</b>   | <b>VIII - Trauma</b>                |
| <b>IV - Safe Thoracentesis</b>          | <b>IX - Cardiac Arrest</b>          |
| <b>V - Pneumothorax</b>                 | <b>X - Acute Dyspnea</b>            |

**En préparation**



# Pour en savoir plus

Des connaissances détaillées sont disponibles dans l'ouvrage « L'Echographie Générale en Réanimation » (2002, Springer), ou « General Ultrasound in the Critical Ill » (Springer, 2005). La prochaine édition est prévue pour Septembre 2009.

Une formation à l'échographie pulmonaire au lit du patient est accessible dans le service de réanimation de l'Hôpital Ambroise-Paré par une approche exhaustive sur 6 mois (inscription régulière à titre d'interne ou de CCA), ou par une approche focalisée et personnalisée par l'intermédiaire du CEURF ([www.ceurf.net](http://www.ceurf.net))

