

# Echo Pleuro Pulmonaire et diaphragmatique

13/03/2026

S.MONZIOLS

SAR digestif Magellan

# Plan

- Introduction
- Sémiologie pleuro pulmonaire
- Le diaphragme
- Applications cliniques

# Introduction



## Recommandations Formalisées d'Experts

### PERTINENCE DE LA PRESCRIPTION DES EXAMENS BIOLOGIQUES ET DE LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE EN REANIMATION

#### RFE commune SFAR-SRLF

**R8.2 - Il faut probablement réaliser une RT en cas d'altération des échanges gazeux, d'augmentation des pressions d'insufflation (pression de plateau) ou de modifications auscultatoires faisant suspecter l'apparition ou l'aggravation d'une anomalie parenchymateuse ou pleurale, bien que le rendement diagnostique du scanner thoracique (voire de l'échographie pulmonaire) soit sans doute supérieur.**

**(Grade 2+) Accord fort**

**R8.4 - Il faut probablement envisager l'échographie thoracique comme alternative à la RT pour la détection d'anomalies pleurales (pneumothorax, pleurésie) voire parenchymateuses (foyer, atélectasie).**

**(Grade 2+) Accord fort**

# Sensibilité et spécificité

- **Aucun test n'est parfait**
  - Faux négatifs et Faux positifs
- **Sensibilité : % de tests positifs chez les malades**
  - $Se = VP / (VP + FN)$
- **Spécificité : % de tests négatifs chez les non malades**
  - $Sp = VN / (VN + FP)$

	Malade	Non Malade
Test +	VP	FP
Test -	FN	VN
Total	VP+FN	VN+FP

VP : Vrai positif  
VN : vrai négatif  
FP : Faux positif  
FN : Faux négatif

**Nektaria Xirouchaki**  
**Eleftherios Magkanas**  
**Katerina Vaporidi**  
**Eumorfia Kondili**  
**Maria Plataki**  
**Alexandros Patrianakos**  
**Evaggelia Akoumianaki**  
**Dimitrios Georgopoulos**

## **Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography**

	<b>consolidation</b>	<b>Sd interstitiel</b>	<b>pneumothorax</b>	<b>Épanchement pleural</b>
<b>RT</b>	Se : 38 % Sp : 89 % Δc : 49 %	Se : 46 % Sp : 80 % Δc : 58 %	Se : 0 % Sp : 99 % Δc : 89 %	Se : 65 % Sp : 81 % Δc : 69 %
<b>EPP</b>	Se : 100 % Sp : 78 % Δc : 95 %	Se : 94 % Sp : 93 % Δc : 94 %	Se : 75 % Sp : 93 % Δc : 92 %	Se : 100 % Sp : 100 % Δc : 100 %

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

REVIEW ARTICLE

Julie R. Ingelfinger, M.D., *Editor*

# Point-of-Care Ultrasonography

José L. Díaz-Gómez, M.D., Paul H. Mayo, M.D., and Seth J. Koenig, M.D.

## Acute Pulmonary Edema

Sensitivity: 88%

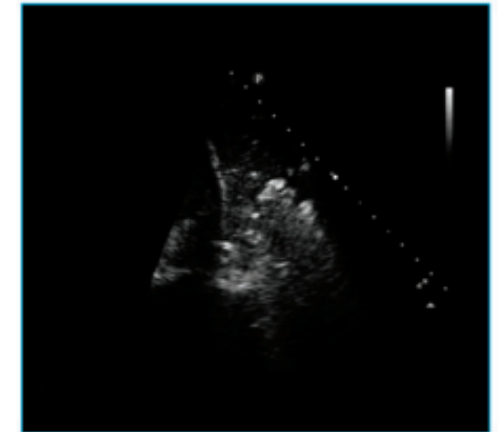
Specificity: 90%



## Pneumonia

Sensitivity: 88%

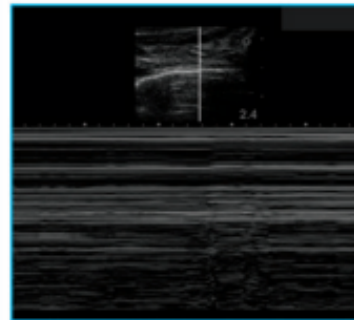
Specificity: 93%



## Pneumothorax

Sensitivity: 81%

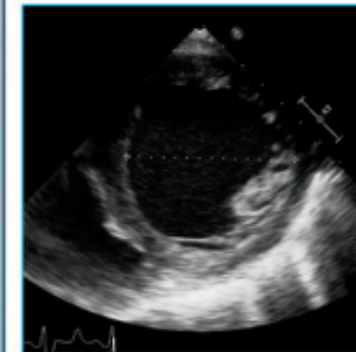
Specificity: 100%



## Left Ventricular Dysfunction

Sensitivity: 69–94%

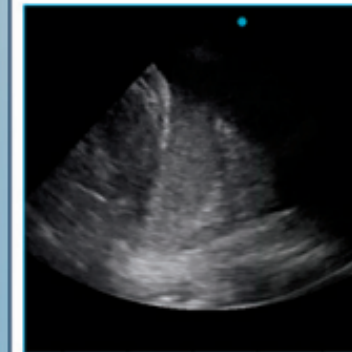
Specificity: 88–96%



## Thoracoabdominal Trauma

Sensitivity: 74%

Specificity: 96%



# Comment ça marche...

- Le poumon échogène ?
  - Repose sur l'analyse d'artéfacts
  - Liés à l'interaction air/eau
  - Peu d'images directes⇒ Sémiologie très spécifique

- Décrite par Lichtenstein, Lichtenstein et Lichtenstein...

D lichtenstein and lung ultrason >30 références

Réani



Disponible en ligne sur  
**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
www.em-consulte.com



MISE AU POINT

**Échographie pulmonaire en réanimation  
et aux urgences**

**Lung ultrasound in the critically ill**

D. Lichtenstein

*Service de réanimation médicale, faculté Paris-Ouest, hôpital Ambroise-Paré, 9, rue Charles-de-Gaulle, 92100 Boulogne, France*

Disponible sur Internet le 26 septembre 2008

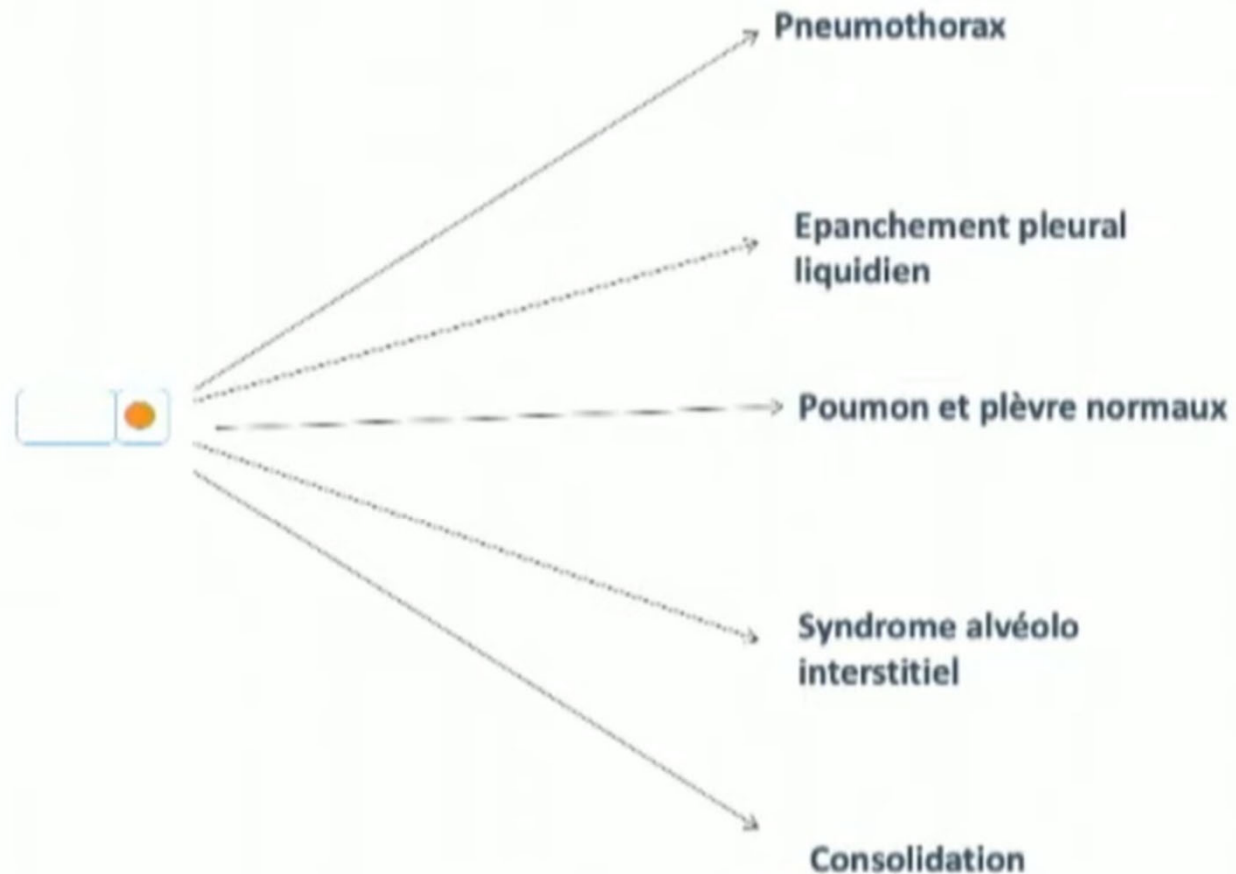
# Un appareil simple !

- Compact
- Facilement transportable
- Allumage rapide
- Examen facilement réalisable au lit du patient
- Courbe d'apprentissage rapide
- Non irradiant
- Rentabilité
- Attention au choix de la sonde
- Evaluation de l'aération pulmonaire de façon dynamique au lit du patient et suivi en temps réel des traitements entrepris.

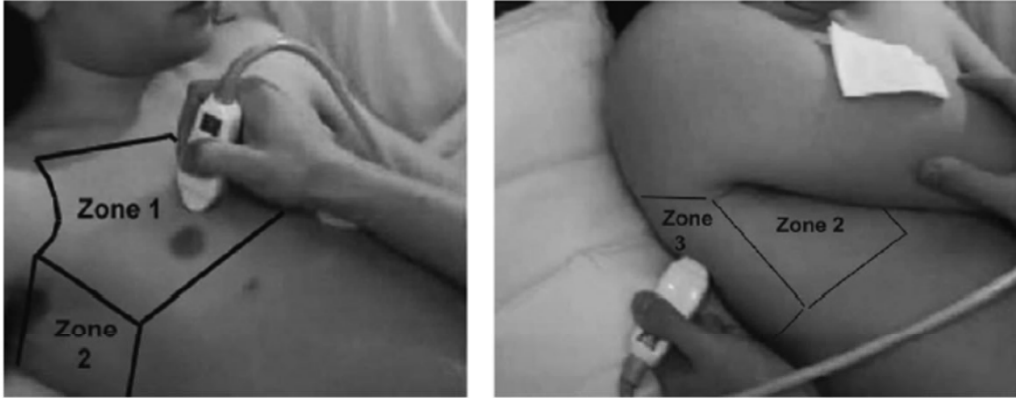




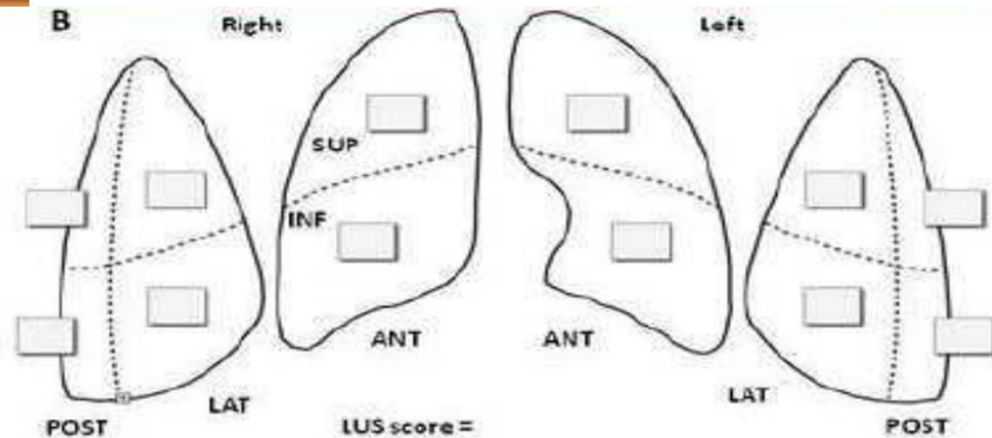
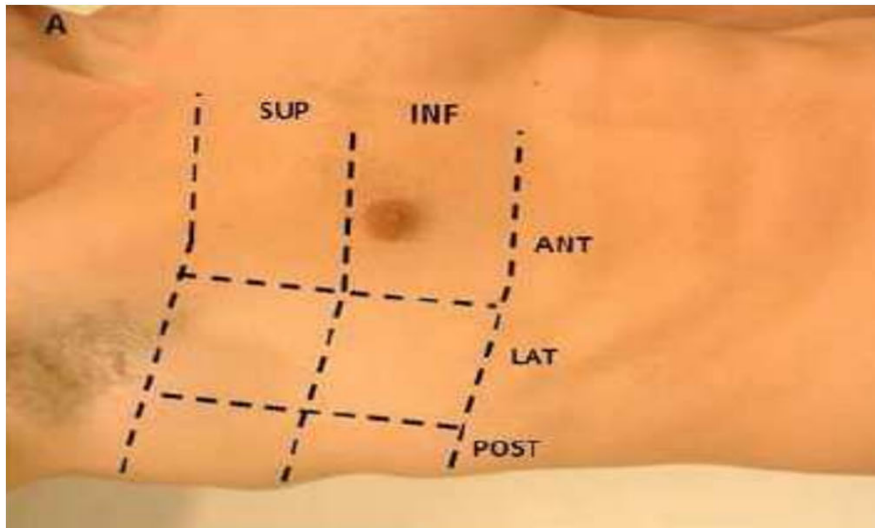
# Echographie Pleuro-pulmonaire : 5 diagnostics syndromiques



# Sémiologie de base



Zone 1 antérieur  
Zone 2 : latérale  
Zone 3 : Postéro latéral

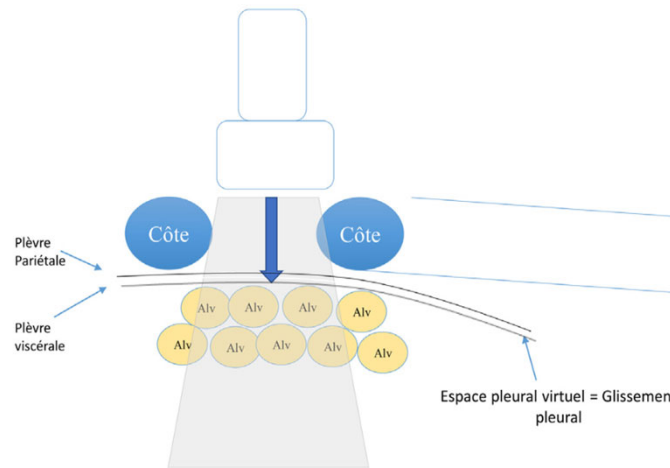


Bouhemad B, rouby JJ, Arbelot C, AJRCCM 2011

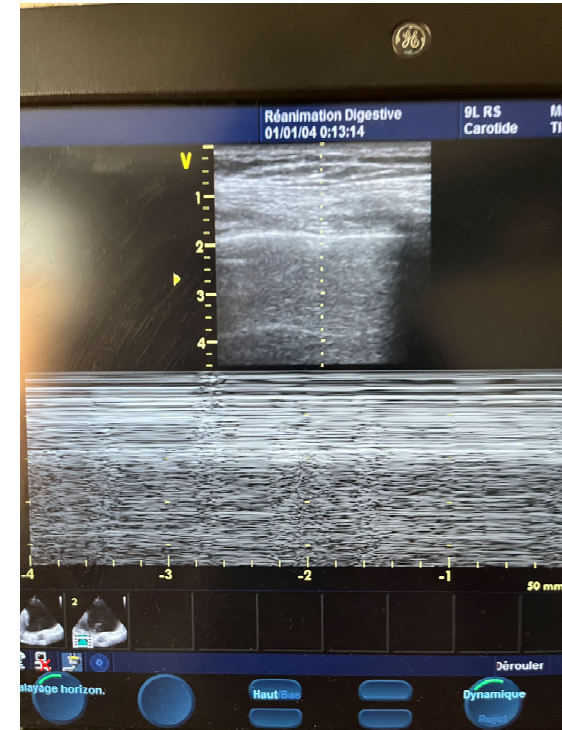
# Sémiologie de base : La plèvre

## 2D : Le glissement pleural

- 2 feuillets de la plèvre sont accolés
- poumon ventilé
- Si absence :
  - Air entre les deux feuillets
  - Poumon non ventilé
- Si présence de lignes B ou consolidation : absence de PTX

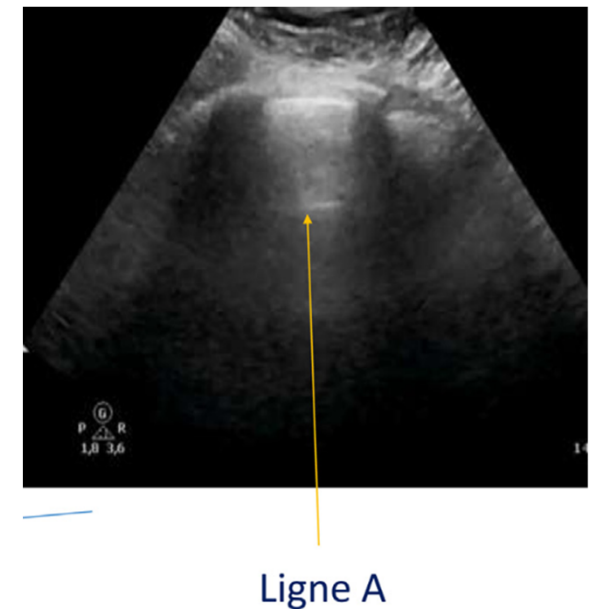
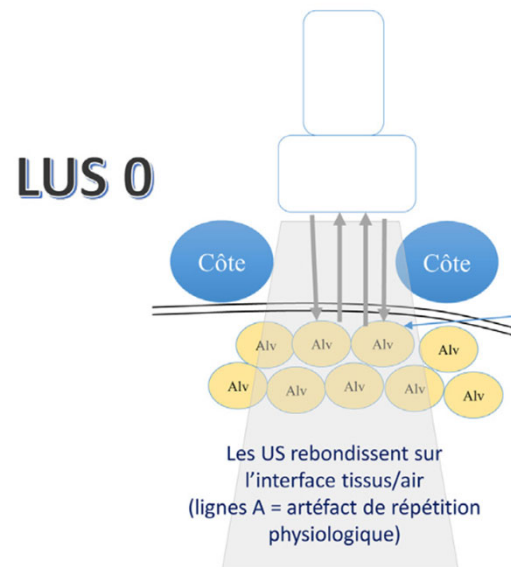


## TM : Signe du Bord de mer



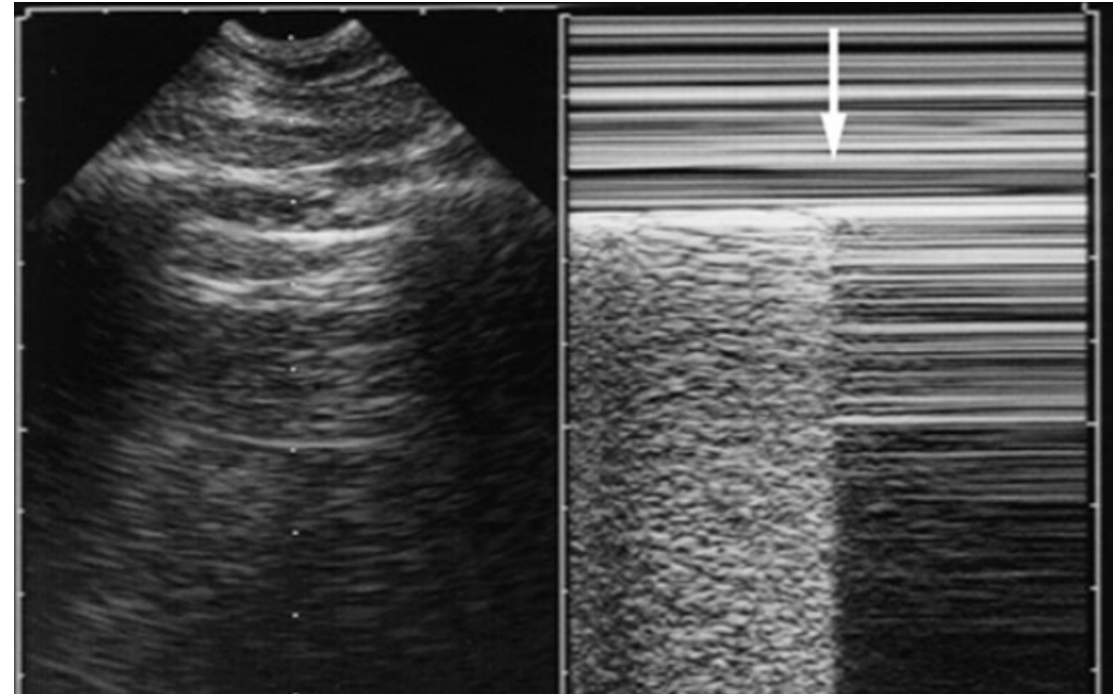
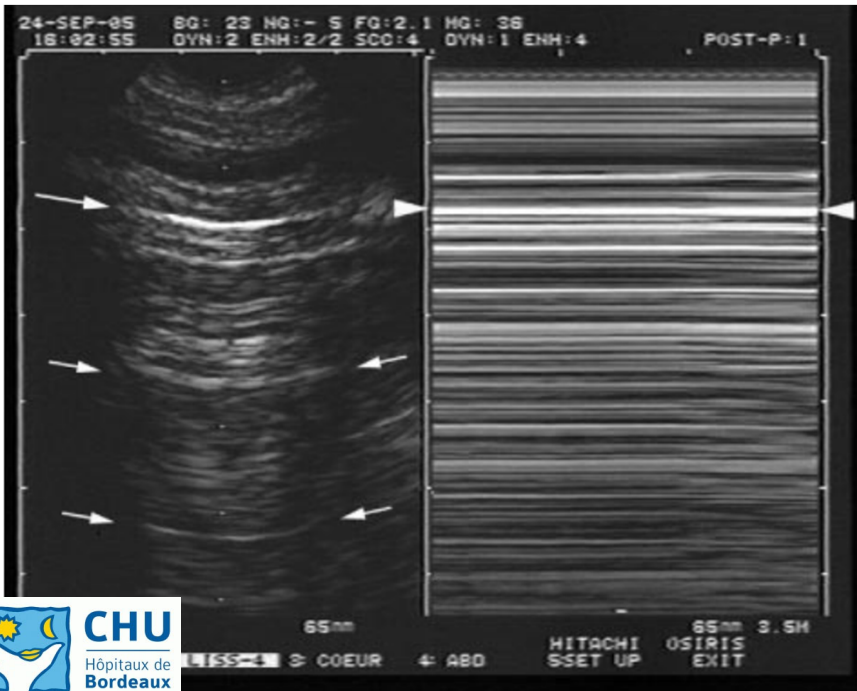
# Poumon Normal : Les lignes A

- Artéfacts horizontaux
- Liés à la répétition de l'échogénicité de la ligne pleurale
- Intervalles réguliers (répétition de la distance entre la sonde et la plèvre)

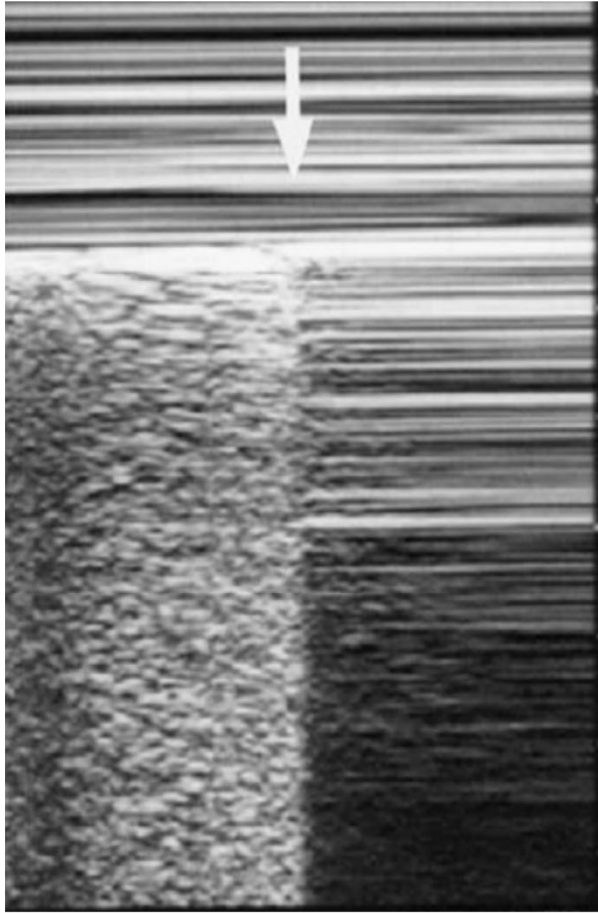
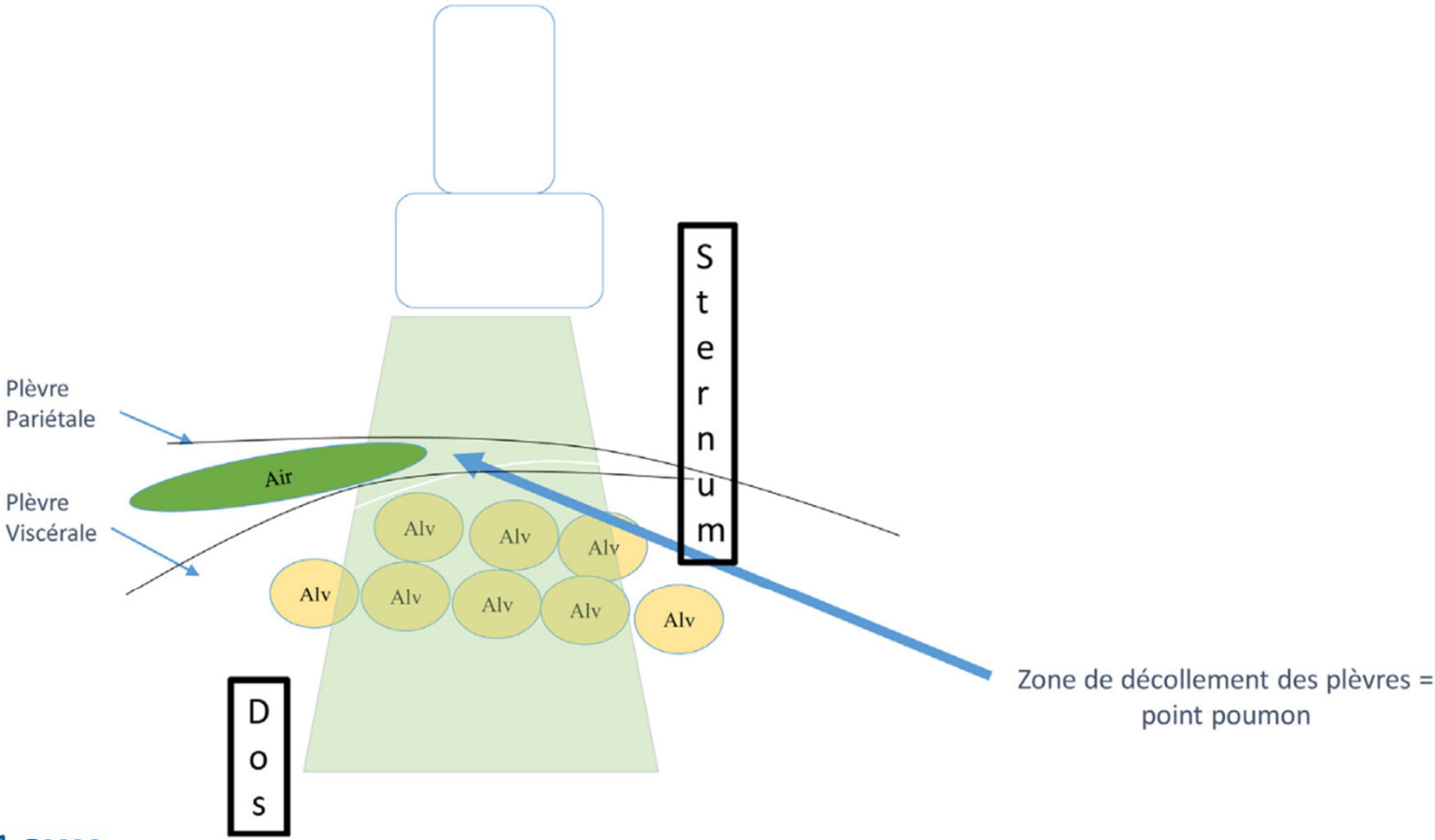


# Pneumothorax

- 2D
  - Abolition du glissement pleural
  - Absence de ligne B
  - Présence de ligne A
- Mode TM :
  - Signe de la stratosphère ou du code barre.
  - Se 88 Sp 99,6
  - ± Point poumon

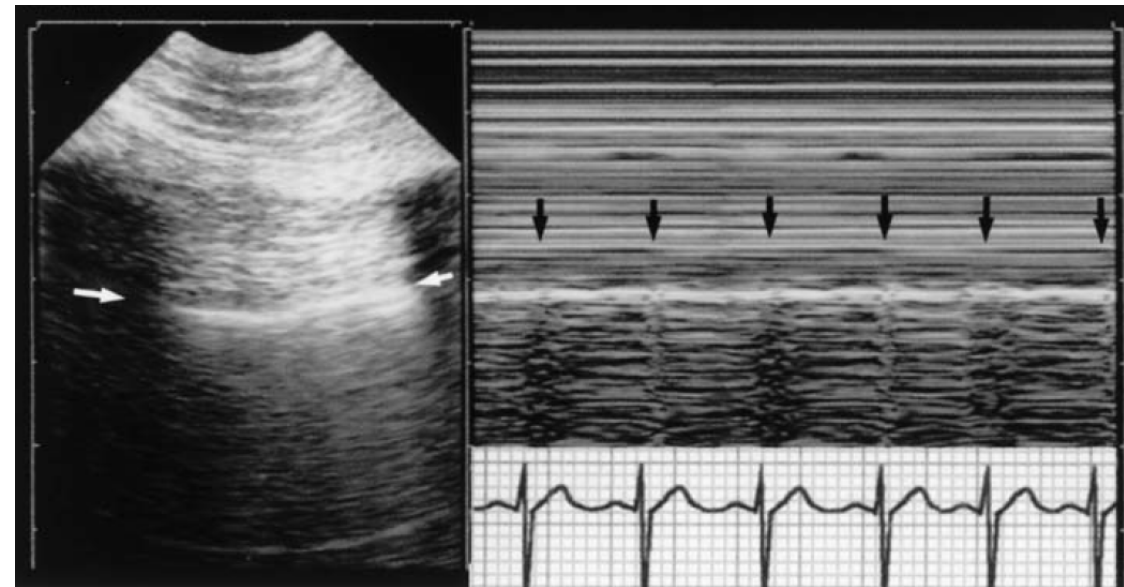


# Point Poumon



# Pneumothorax

- Le Pouls pulmonaire :
- Transmission au niveau du poumon des différents battements cardiaques.
- L'absence de pouls pulmonaire est en faveur d'un PTX.



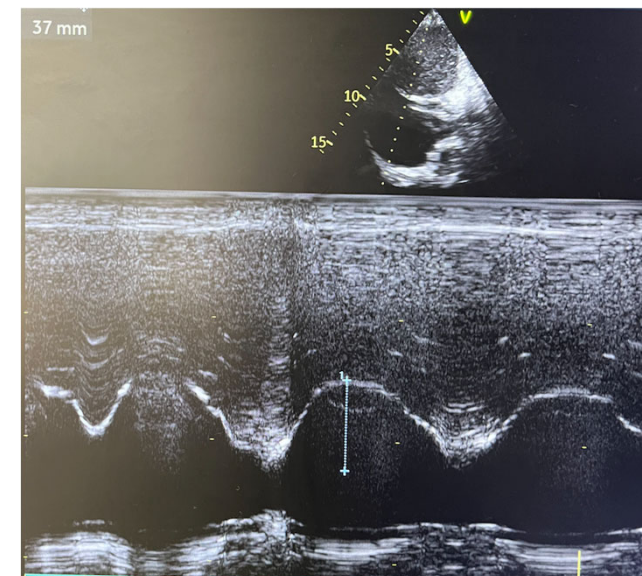
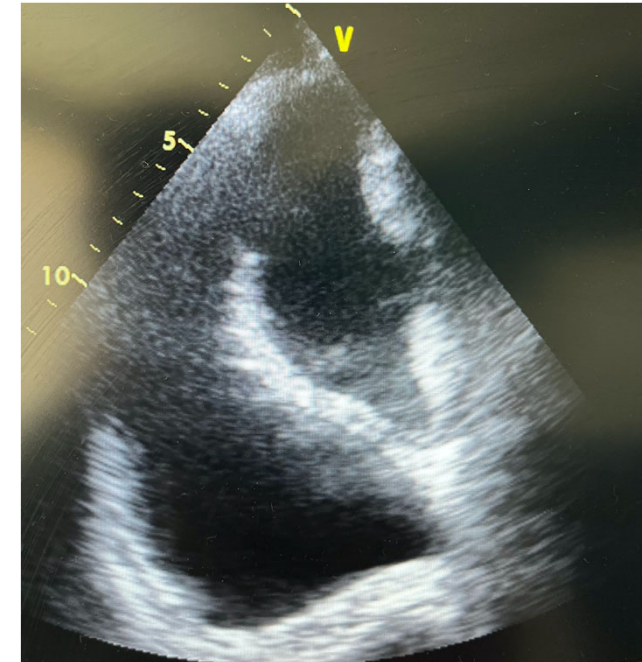
**Volpicelli G.**

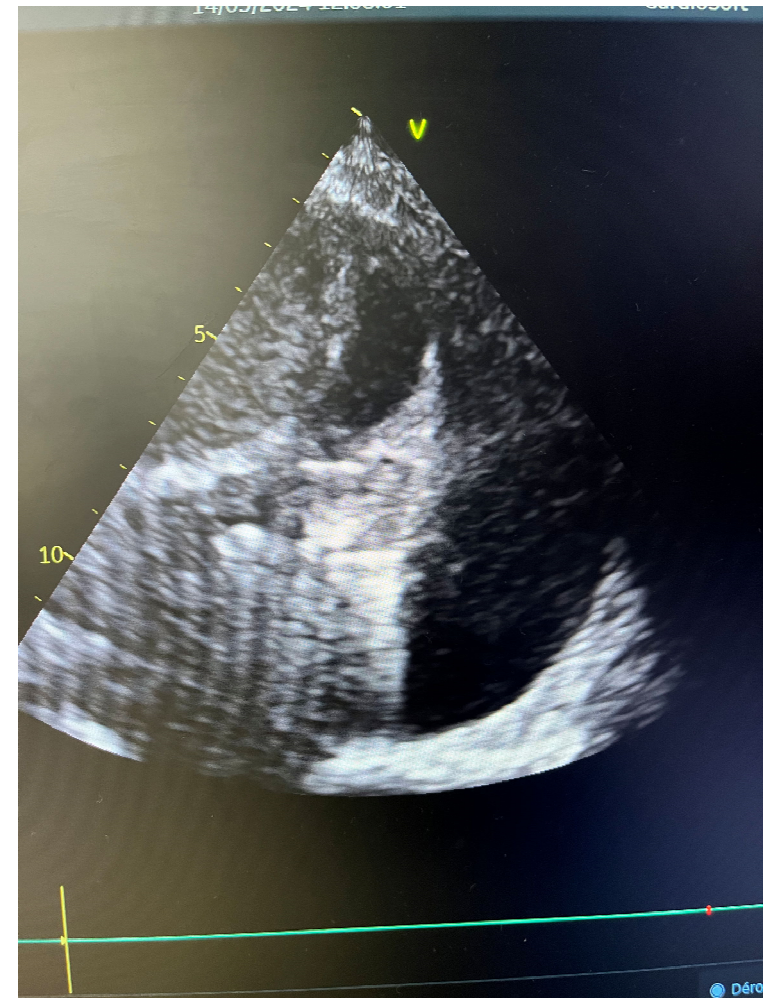
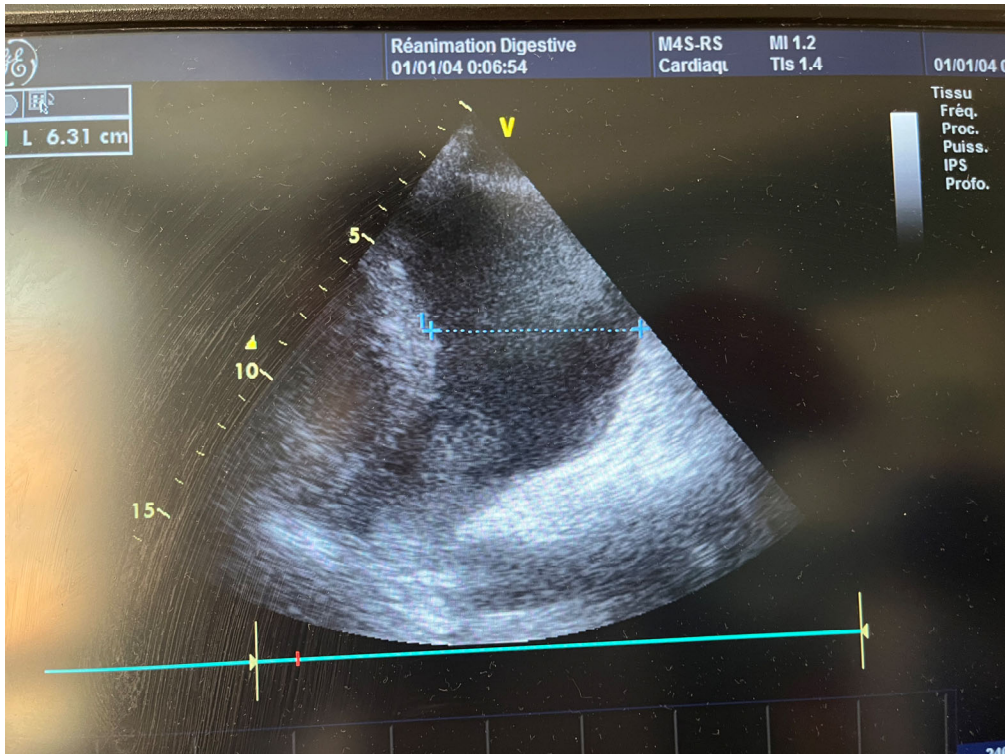
Sonographic diagnosis of pneumothorax.

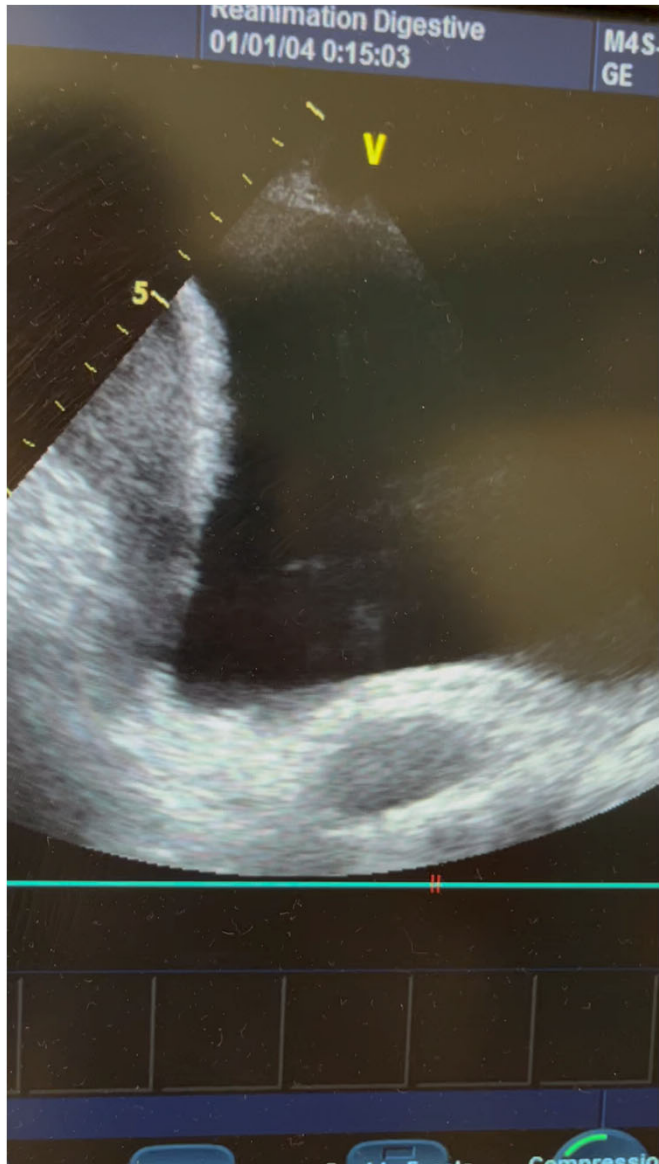
*Intensive Care Medicine. 2011.*

# Epanchement pleural liquidien

- Présence de liquide dans la cavité pleurale
- Sous-estimé par la RT (minimum 200ml)
- Analyse statique (2D)
  - Image anéchogène délimitée par 4 bords réguliers
- Analyse dynamique (TM)
  - Signe de la sinusoïde
- Guide de ponction
  - >15 mm sur 3 EIC consécutifs



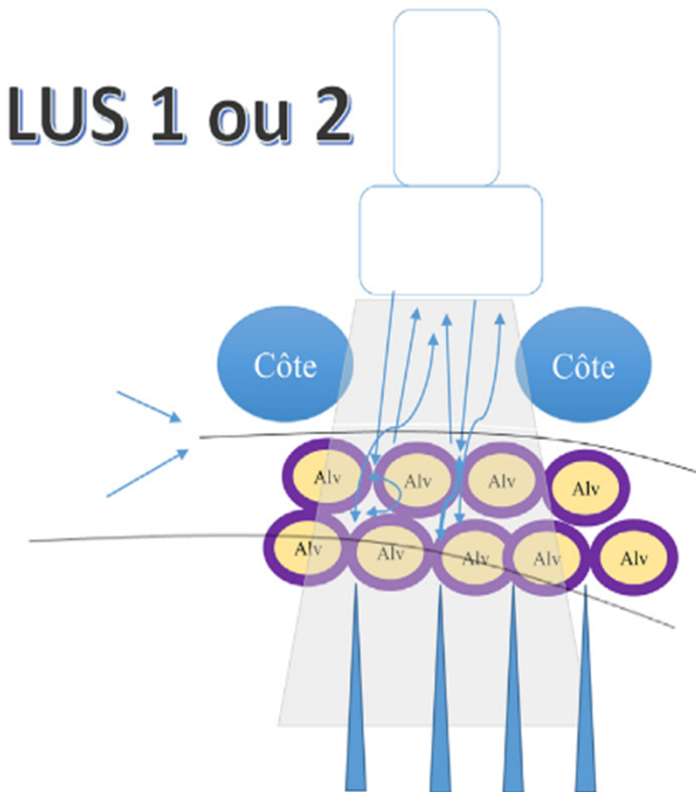




# Syndrome Interstitiel

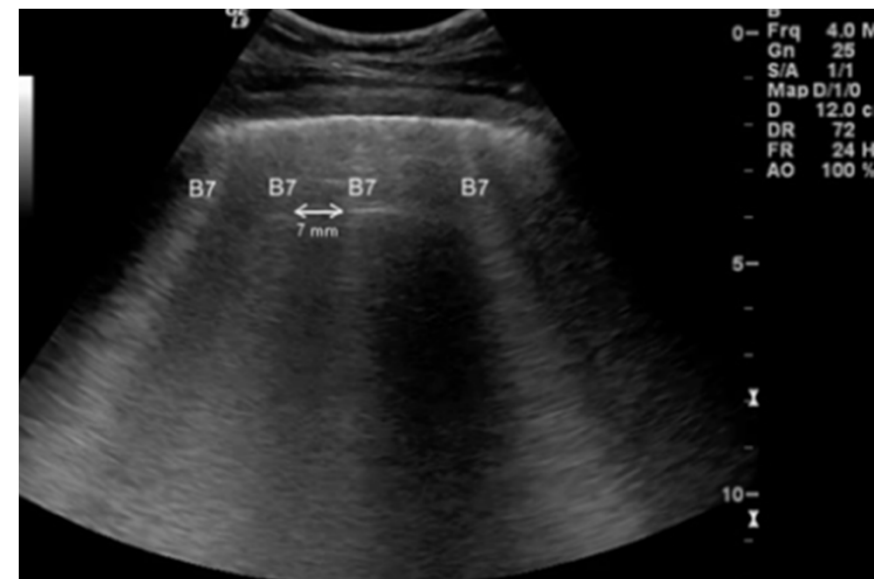
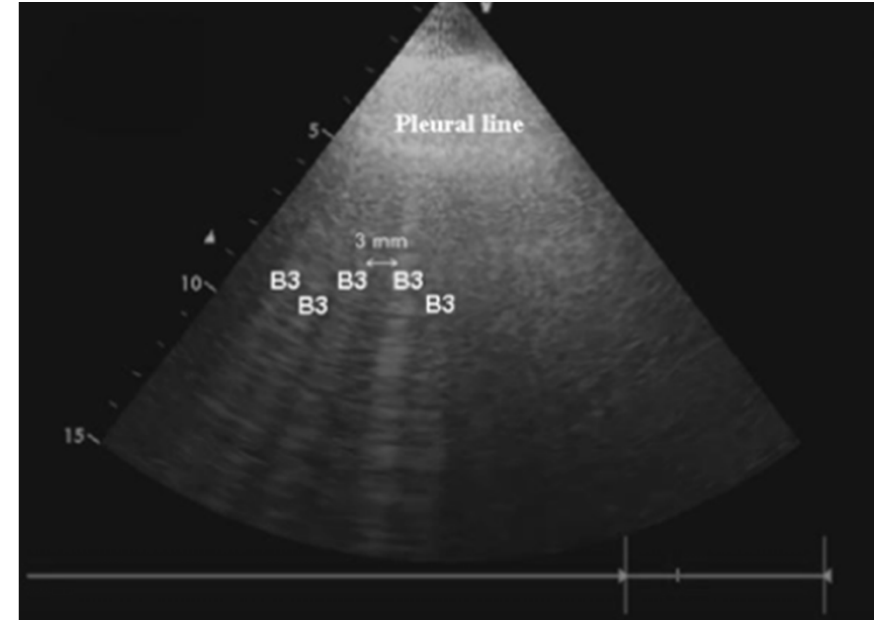
- Épaississement des septas interlobulaires
- Œdème pulmonaire lésionnel ou cardiogénique
- Diagnostic échographique : **Lignes B**
- Artéfacts verticaux de réverbération
- « Queues de comète »

**LUS 1 ou 2**



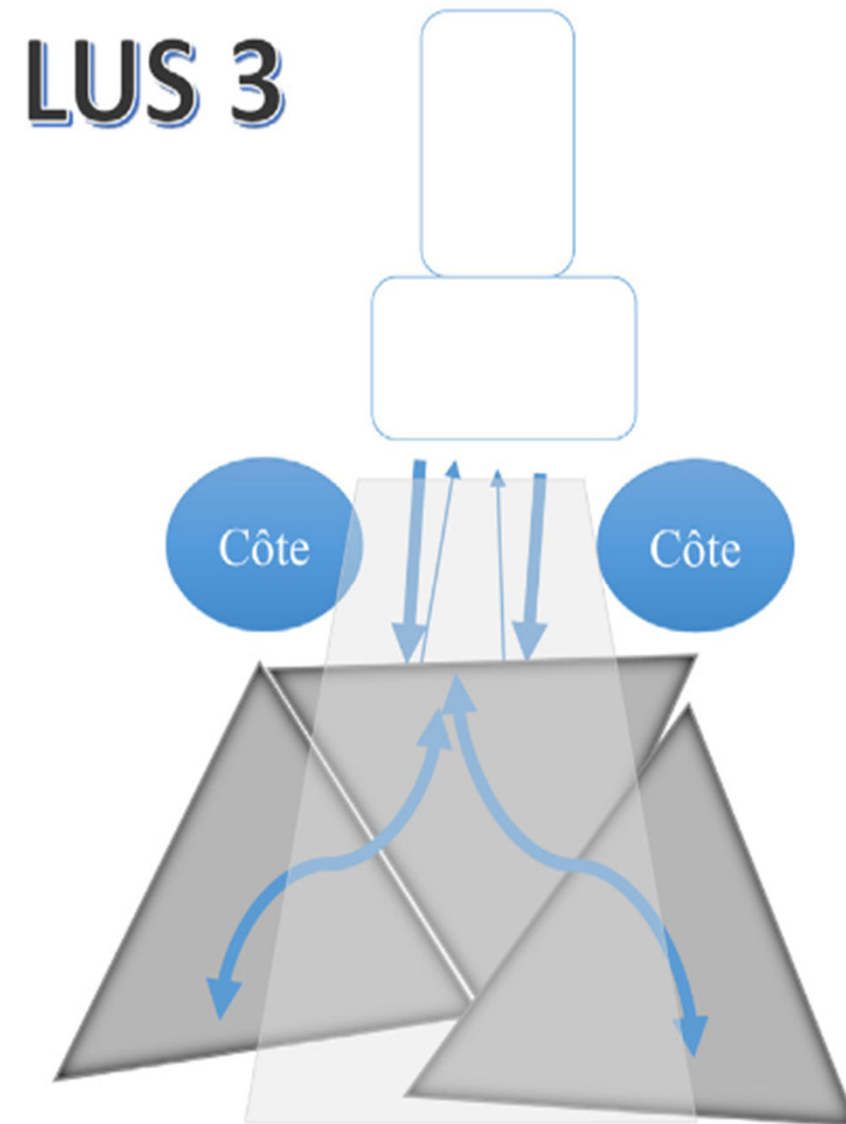
# LIGNES B

- 5 caractéristiques
  - Partent de la ligne pleurale
  - Bien délimitées
  - Diffusent sans atténuation
  - Effacent les lignes A
  - Bougent avec le glissement pleural
- Physiologique si  $< 3$  par fenêtres
- Sd interstitiel si  $> 3$  dans une aire de façon Bilatérale
- Méthode de Volpicelli, OAP Se 97% Sp 95%
- LUS 1 à 2
- Association à une ETT



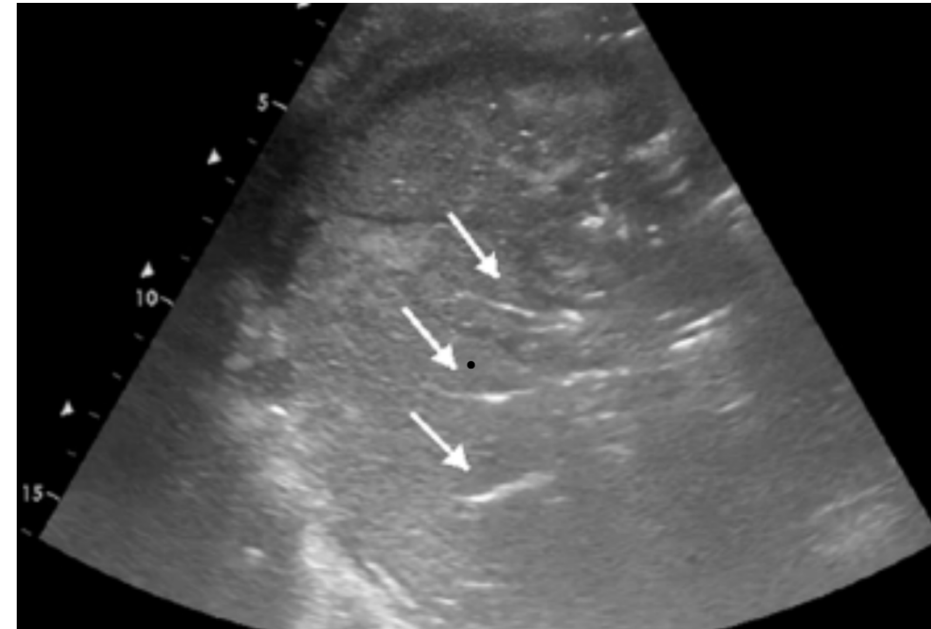
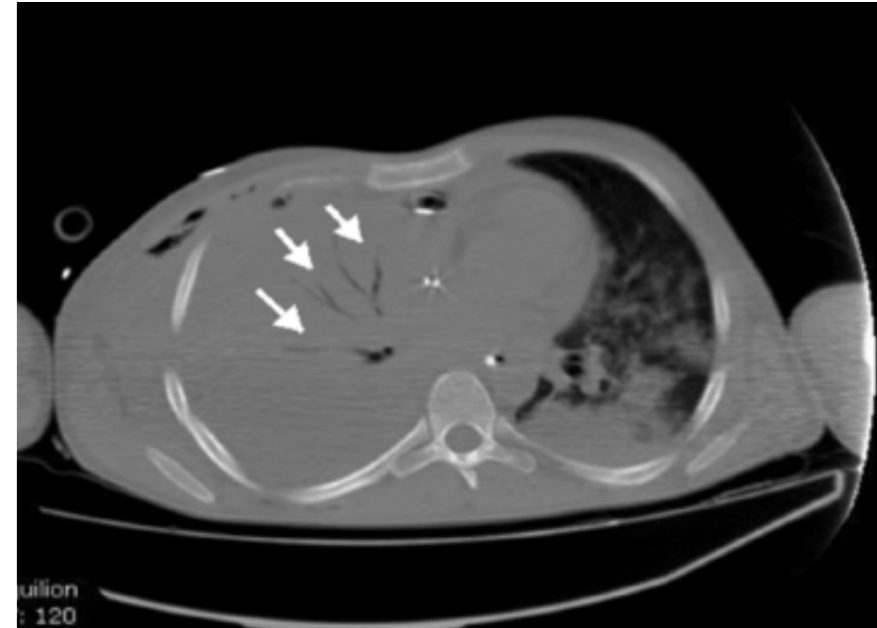
# CONDENSATION

- Facilement visible
- Perte de l'aération pulmonaire
- Le poumon apparaît comme un tissu plein
- « Poumon hépatisé »
- Bronchogramme aérique dynamique :  
Zone hyperéchogène
- LUS 3
- Atélectasies ou foyer intra parenchymateux



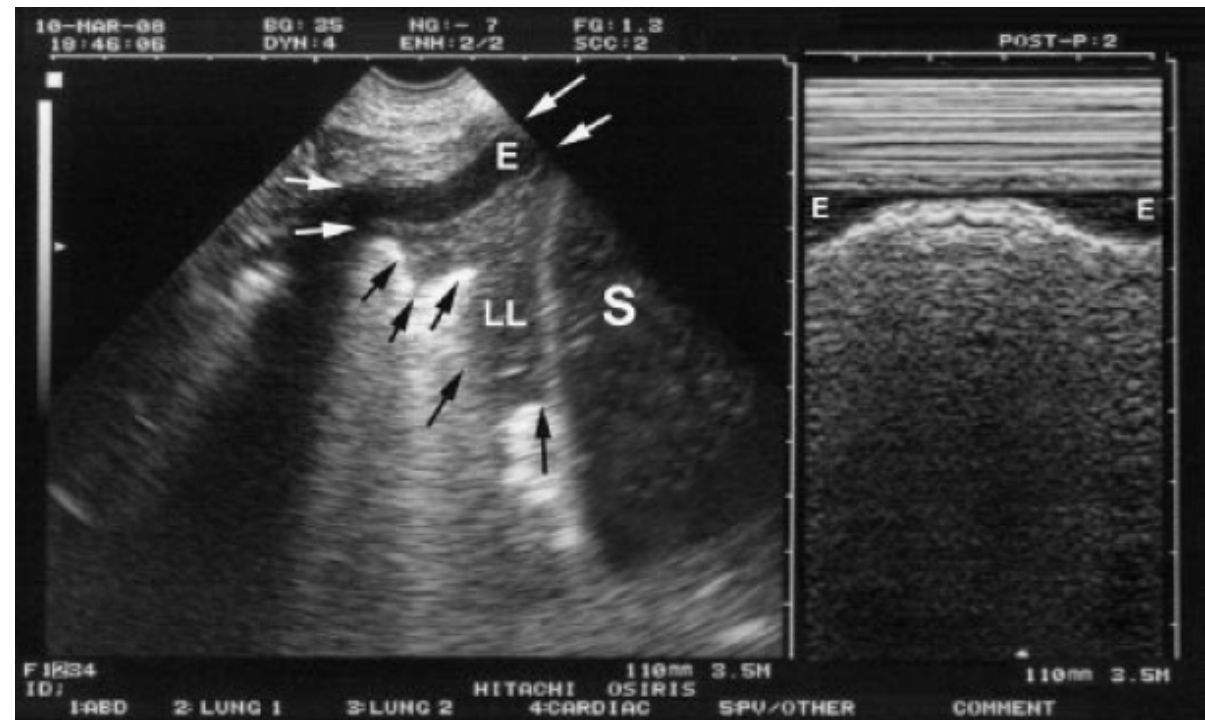
# Condensation

- Bronchogramme aérique dynamique
- Structures hyperéchogène punctiforme ou Linéaire
- Déplacement synchrone au mouvement Respiratoire
- bronches perméables
- En faveur d'une pneumopathie



# PLAPS : Postero Lateral And Alveolar Syndrom

- En Zone Postérieure
- Condensation pulmonaire
- Epanchement pleural
- Bronchogramme aérique (flèche noire)
- Irrégularité de la ligne pleurale



# OAP ? Pneumopathie ? Atélectasie ?

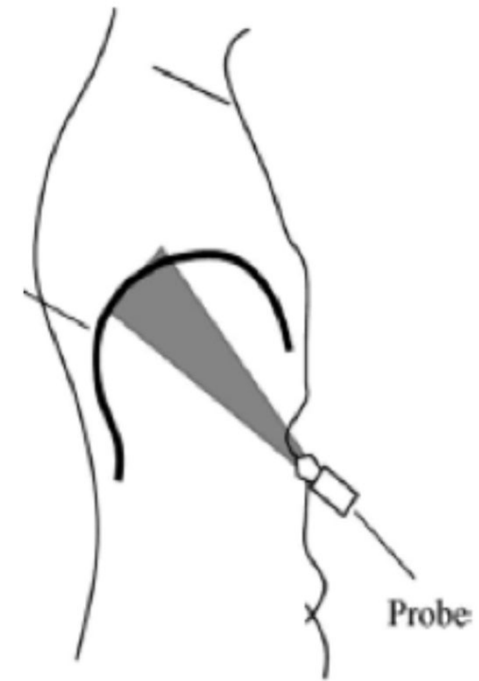
Critères échographiques	Pneumonie	Atélectasie	Œdème pulmonaire cardiogénique
Distribution des lésions	Focale ou asymétrique	Déclive, lobaire	Diffuse bilatérale antérieure
Consolidation pulmonaire	Fréquente	Fréquente	rare
Bronchogramme aérien	dynamique	statique	absent
Ligne pleurale	Irrégulière, épaissie	Souvent régulière	régulière
Lignes B	Focales, ou péri lésionnelles	Peu nombreuses ou absente	Diffuses et bilatérales
Mobilité pulmonaire	conservée	diminuée	conservée
Epanchement pleural	possible	possible	Parfois bilatéral
Réversibilité rapide	non	possible	Oui après traitement

# Le diaphragme

- Rôle fondamental dans la capacité respiratoire et dans la toux.
- Dysfonction diaphragmatique : atteinte très fréquente dans le domaine de soins critique (post opératoire digestif et thoracique).
- A l'entrée des patients en réa : jusqu'à 2/3 des patients présentent une dysfonction diaphragmatique.
- La ventilation mécanique et certains facteurs systémiques fréquents chez les patients de réa peuvent aggraver les troubles trophiques diaphragmatiques : corticoïdes / curares / sepsis / dénutrition

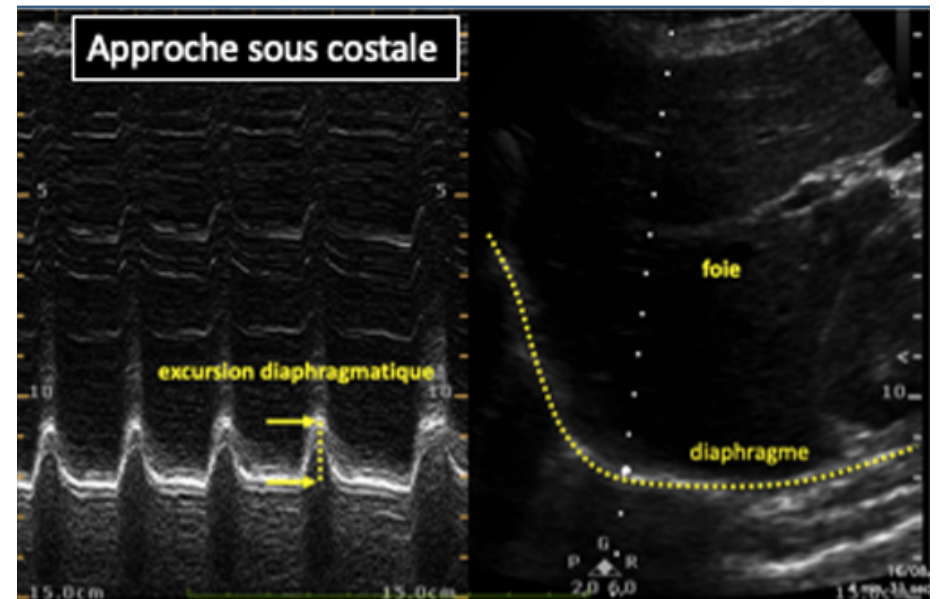
# Echo diaphragmatique

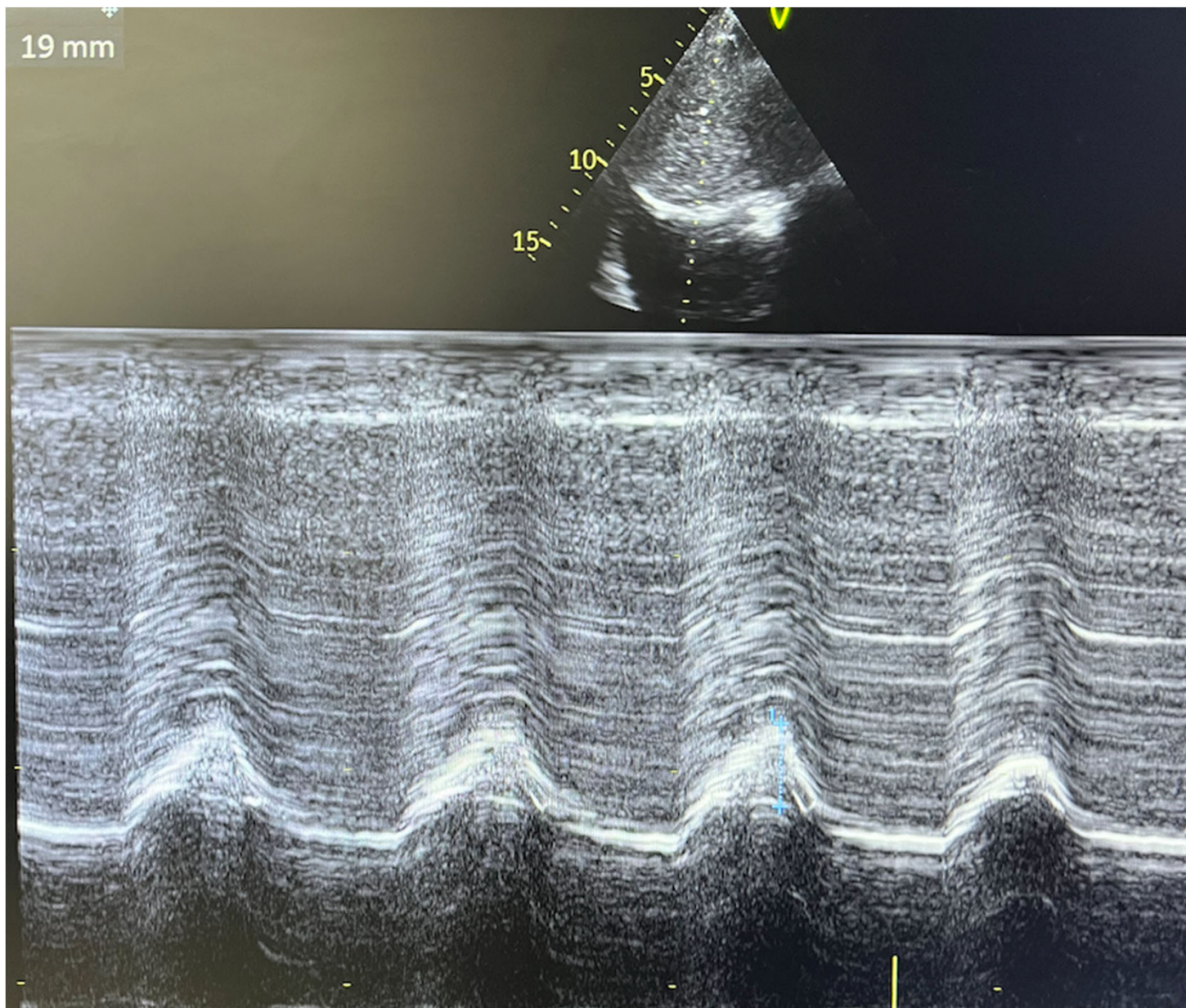
- Imagerie DYNAMIQUE non invasive effectuée au lit du malade
- Visualisation simple du muscle diaphragmatique
- Analyse directe des structures sus et sous jacentes
- Position DD, proclive de 10-15°
- Voie sous costale, ligne médio-claviculaire (sonde basse fréquence)
- Voie postérieure ligne axillaire postérieur



# Excursion diaphragmatique

- Amplitude de la cinétique cranio caudale du diaphragme en inspiration.
- Courbe sinusoïde en mode TM
- Valeurs normales chez le patient sain :
  - 1,5 à 2 cm en ventilation calme
  - 5-7 cm en ventilation forcée
- Cut-off < 1cm *prédictif échec sevrage*



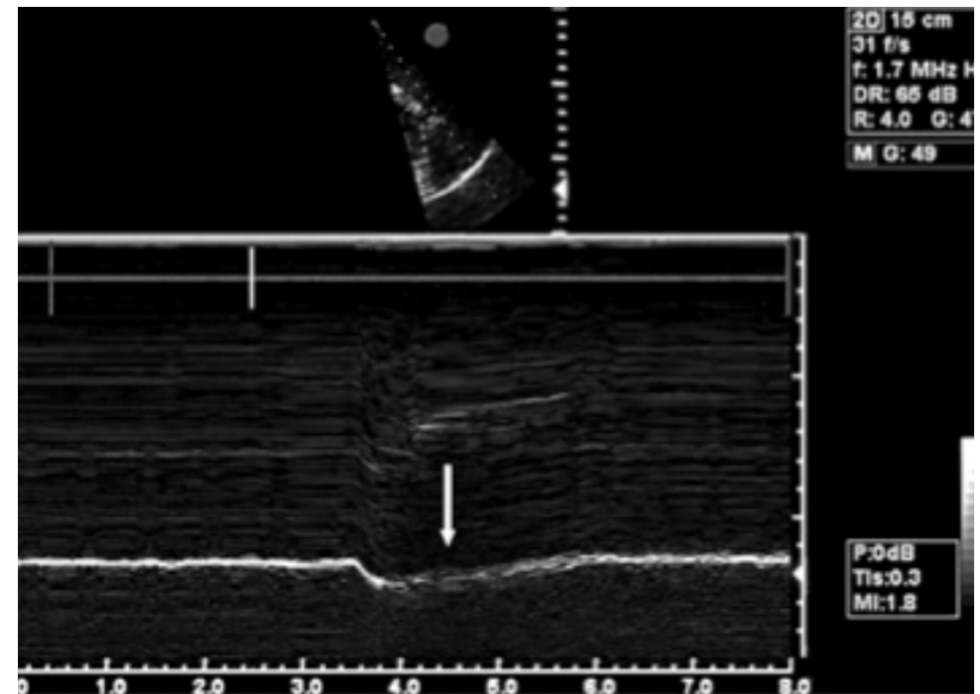


## Dysfonction diaphragmatique

- Excursion en générale  $< 1\text{cm}$  ou  $< 25\text{ mm}$  à l'inspiration forcée .

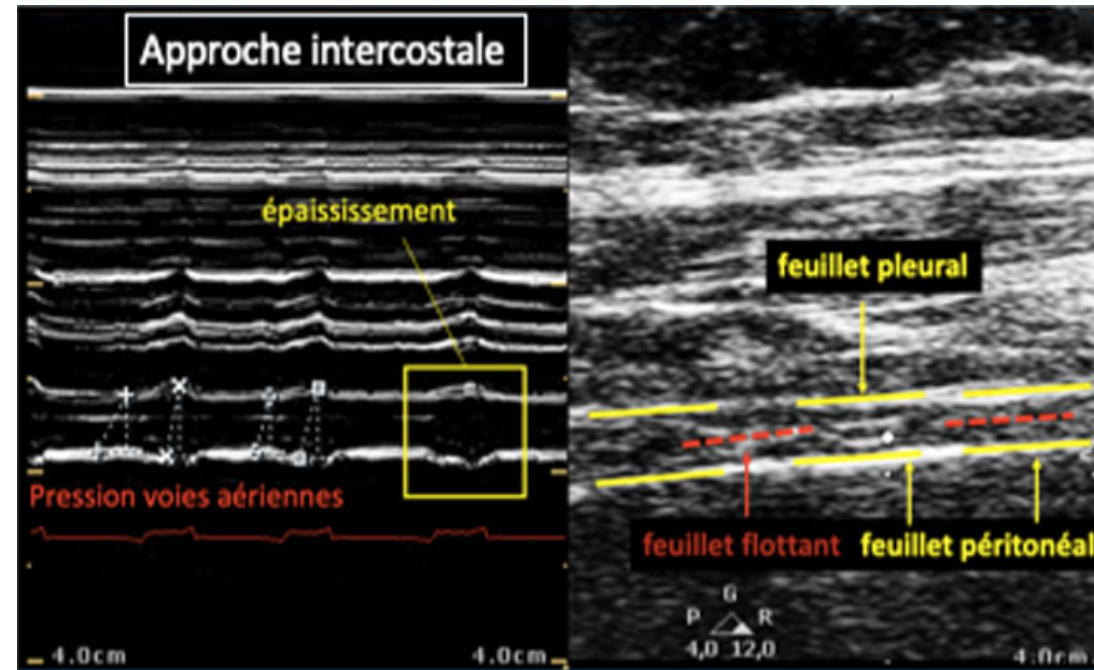
## Paralysie diaphragmatique

- Excursion nulle
- Mouvement paradoxal : dyskinésie diaphragmatique



# Épaississement diaphragmatique

- Analyse du diaphragme
  - Approche intercostale :
    - Sonde linéaire
    - Mesure FE: Fraction épaisseur
  - Pathologique si < 30%



$$FE = \frac{E_{\text{fin inspiration}} - E_{\text{fin expiration}}}{E_{\text{fin expiration}}}$$

Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation.  
*Critical Care*. 2014. Ferrari G

# Application clinique : Prédiction sevrage ventilatoire

## Inability of Diaphragm Ultrasound to Predict Extubation Failure: A Multicenter Study

Emmanuel Vivier MD <sup>a, g, ✉</sup>, Michel Muller MD <sup>b</sup>, Jean-Baptiste Putegnat MD <sup>a</sup>, Julie Steyer MD <sup>b</sup>, Stéphanie Barrau MD <sup>c, d</sup>, Florence Boissier MD, PhD <sup>c, d</sup>, Gaël Bourdin MD <sup>a</sup>, Armand Mekontso-Dessap MD, PhD <sup>e</sup>, Albrice Levrat MD <sup>b</sup>, Christian Pommier MD <sup>a</sup>, Arnaud W. Thille MD, PhD <sup>c, d</sup>



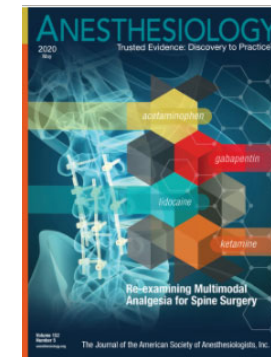
« Diaphragmatic dysfunction assessed by ultrasound was not associated with an increased risk of extubation failure »

Editorial | May 2020

## Bedside Ultrasound for Weaning from Mechanical Ventilation: The Diaphragm Is Not Enough! **FREE**

Emmanuel Vivier, M.D., Ph.D. <sup>✉</sup>; Armand Mekontso Dessap, M.D., Ph.D.

Evaluation échographique des muscles respiratoires accessoires



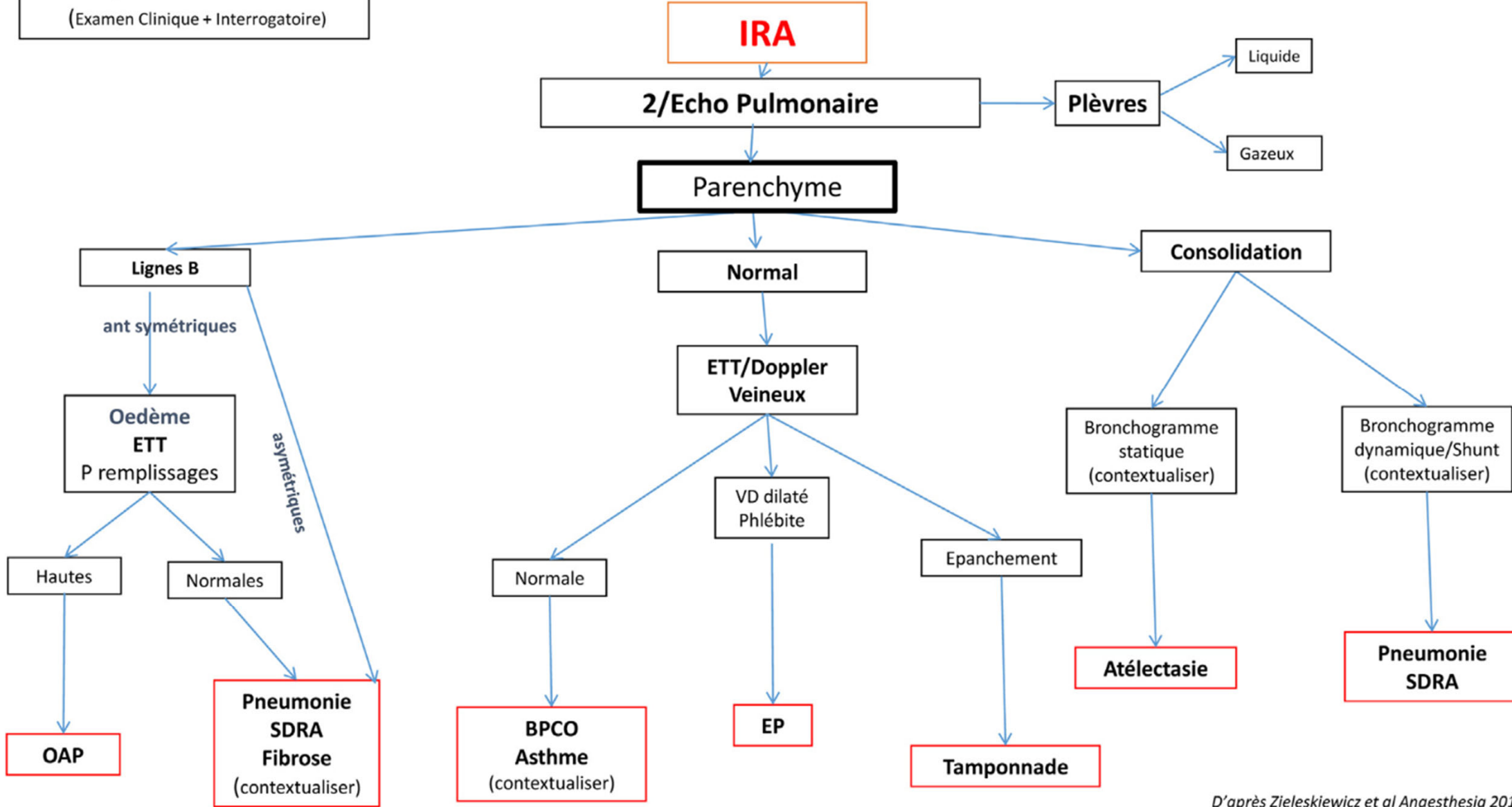
# Application clinique : Prédiction sevrage ventilatoire

- Test de sevrage
- Contexte clinique
- Echo diaphragmatique
- LUS score
- ETT
- PiM

# Application Clinique : BLUE PROTOCOL

- Démarche de réflexion proposée par Lichtenstein
- A partir de la sémiologie échographique de base
- Permet une approche simple de la pathologie pulmonaire en fast-écho
- Interprétation fonction du contexte clinique
- Associé à ETT +/- échographie de compression des 4 points
- Facilement reproductible
- ...Donc, à répéter souvent!

**1/Contextualiser**  
(Examen Clinique + Interrogatoire)



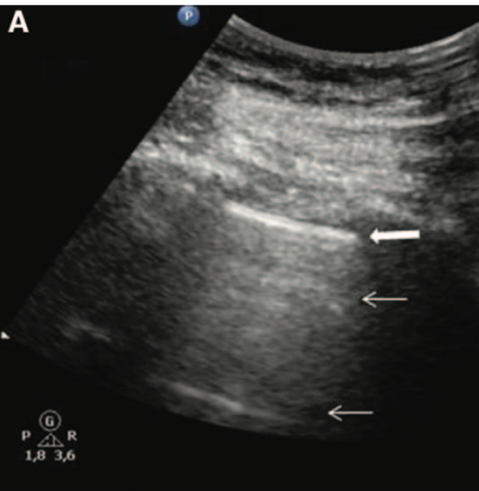
D'après Zieleskiewicz et al Anaesthesia 201

# Application clinique : Lung US Score (LUS)

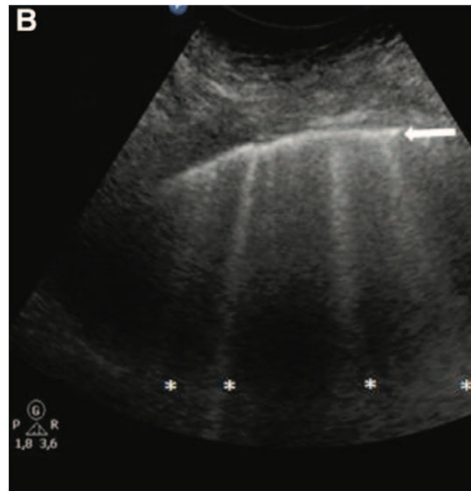
- Lung Ultrasound Score :
- Evaluation semi quantitative de la perte d'aération pulmonaire
- 12 zones
- 0 = Poumon normal
- 1 = Poumon avec perte modérée d'aération, lignes B espacées
- 2 = Poumon avec perte importante de l'aération, lignes B coalescentes
- 3 = Poumon consolidé
- 0 à 36 points

# Application clinique : Evaluation du recrutement pulmonaire

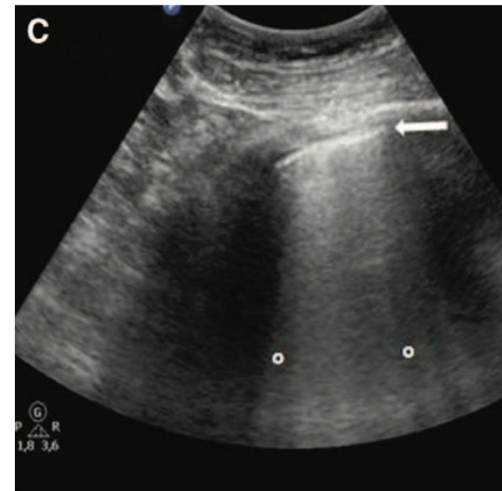
Ligne A



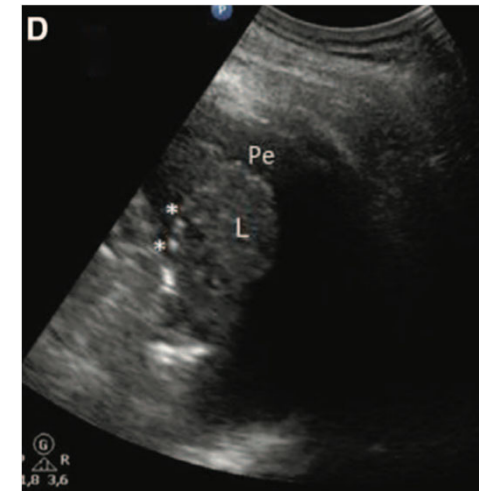
Ligne B1



Ligne B2



Aspect C



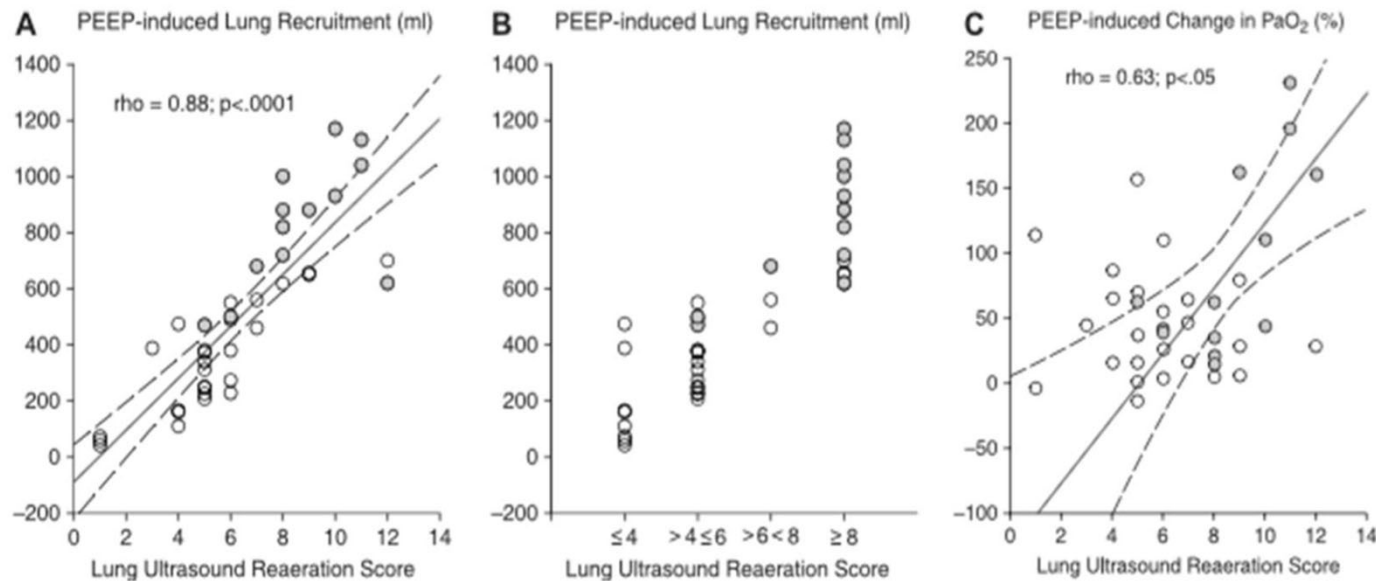
Aération

Tissu en excès

# Application clinique : Evaluation du recrutement pulmonaire

## Bedside Ultrasound Assessment of Positive End-Expiratory Pressure-induced Lung Recruitment

Belaïd Bouhemad<sup>1</sup>, Hélène Brisson<sup>1</sup>, Morgan Le-Guen<sup>1</sup>, Charlotte Arbelot<sup>1</sup>, Qin Lu<sup>1</sup>, and Jean-Jacques Rouby



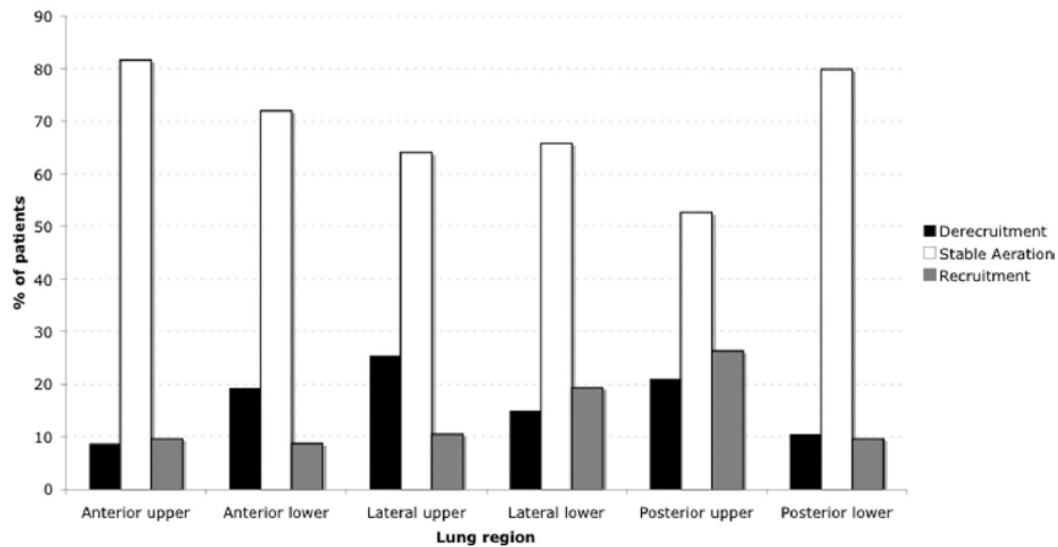
- Corrélation entre variation du LUS reaeration score et l'augmentation du volume pulmonaire de fin d'expiration

# Applications cliniques : LUS Score dans le sevrage ventilatoire

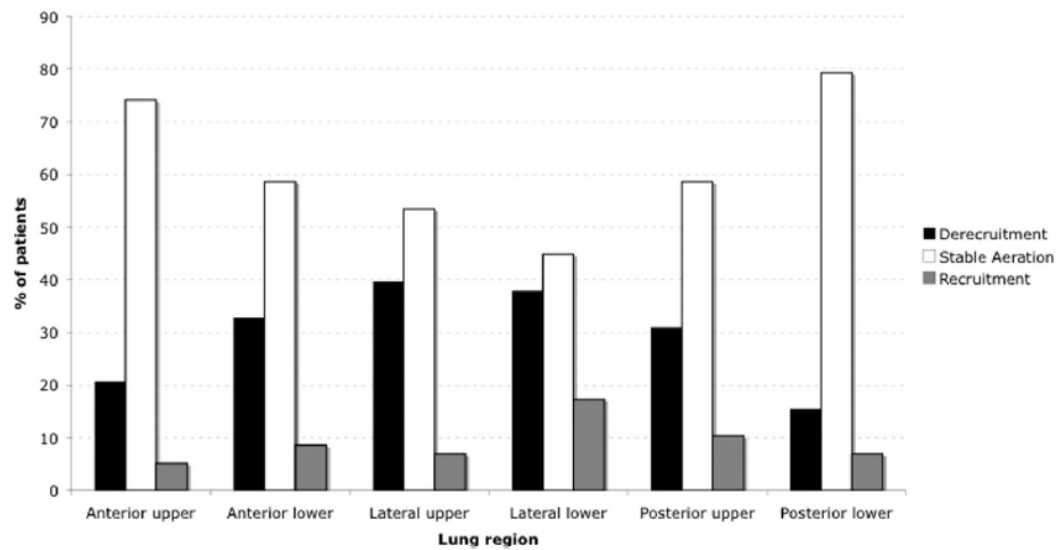
*Rouby Crit Care Med 2012*

- Patients ventilés mécaniquement depuis > 48h pour SDRA/ALI exposés à une épreuve de sevrage respiratoire (tube en T)
- LUS < 12 prédictif d'un succès de sevrage
- LUS > 17 prédictif d'un échec de sevrage
- Dérecrutement plus important chez les patients avec un échec de sevrage
- Dérecrutement zones antérieures et latérales prédominant

**A** Variation of lung aeration during the Spontaneous Breathing Trial in the 57 patients definitively weaned



**B** Variation of lung aeration during Spontaneous Breathing Trial in the 29 patients who develop postextubation distress



# Evaluation du dérecrutement

Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress\*

Alexis Soummer, MD; Sébastien Perbet, MD; Hélène Brisson, MD; Charlotte Arbelot, MD; Jean-Michel Constantin, MD, PhD; Qin Lu, MD, PhD; Jean-Jacques Rouby, MD, PhD; and the Lung Ultrasound Study Group

**(Crit Care Med 2012; 40:2064–2072)**

- Prédiction de l'échec d'extubation lors des épreuves de sevrage
- LUS score (Aéré -> Ligne b -> Lignes B ± confluentes -> Condensation)
- AUC à 0,86 si score > 15

# Applications Clinique : SDRA

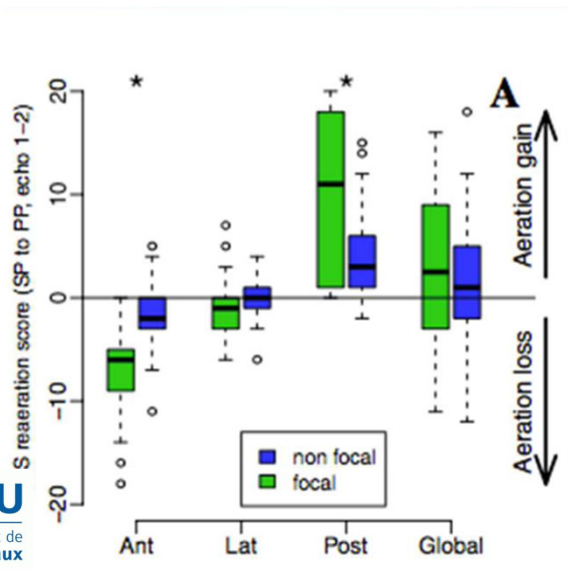
- LUS et recrutements dans le SDRA : monitoring de l'aération régionale

*Stefanidis Crit care 2011*

- SDRA : corrélation entre le LUS et la sévérité du SDRA, et prédictif de la mortalité.

# Applications clinique : Recrutement alvéolaire et DV

- LUS et Evaluation du recrutement alvéolaire par le décubitus ventral  
*Haddam ICM 2016*
- LUS et LUS aération score ne sont pas prédictifs de la réponse au DV sur la PaO<sub>2</sub>



- L'échographie pulmonaire ne permet pas de prédire l'amélioration de l'oxygénation après la première séance de décubitus ventral
- Les modifications d'aération vues à l'échographie ne sont pas corrélées à l'amélioration de l'oxygénation
- Variations d'aérations régionales objectivées à l'écho.

# Applications cliniques

- LUS et recrutements dans le SDRA : monitoring de l'aération régionale

*Stefanidis, Crit care 2011*

- SDRA : corrélation entre le LUS et la sévérité du SDRA, et prédictif de la mortalité.
- Limites : pas de monitoring possible de la surdistension alvéolaire, et donc des lésions induites par la ventilation mécanique (VILI)

*Bedside ultrasound monitoring of proneposition induced lung inflation,  
Silva, ICM 2021*

# Applications cliniques : autres

- Péri opératoire : Diminution de la surface de poumon consolidé dans les zones postérieures, corrélée à une augmentation de la PaO<sub>2</sub>

*A.Monastesse, Anesth Analgesia 2017*

- PAVM : diminution rapide du score corrélée à un succès de l'ATBthérapie vs une augmentation du score en lien avec un échec de l'ATBthérapie

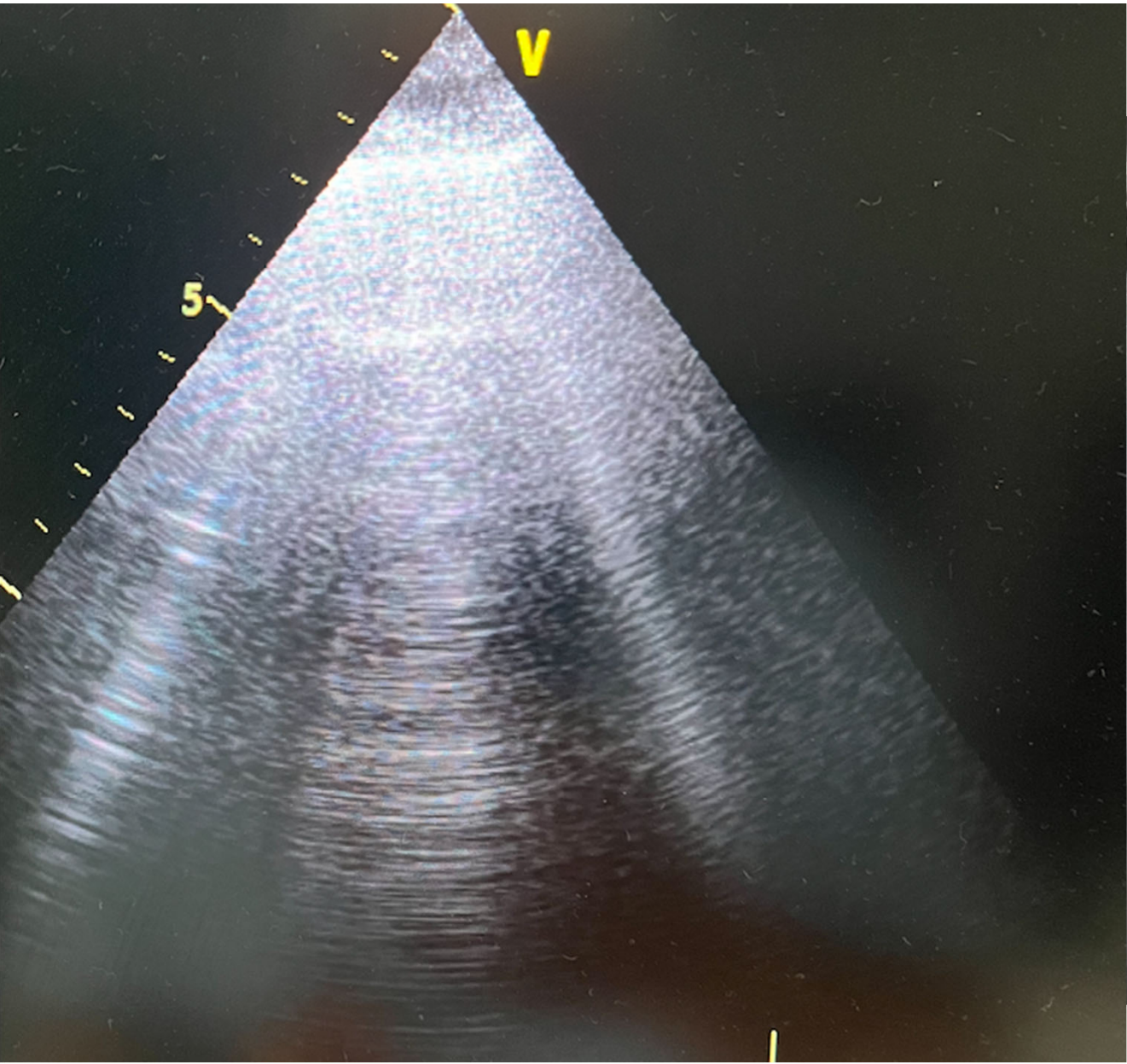
*B.Bouhemad, CCM 2010*

- Monitoring de l'efficacité des thérapeutiques ayant un impact dans la balance hydrique et de l'eau pulmonaire extra vasculaire

*F.Prior Caltabeloti, CCM, 2014*

# Quelques exemples du quotidien

- Patient de 55 ans J12 de transplantation hépatique
- IRA post opératoire
- Dialyse intermittente
- DRA dans les étages
- Température : 37,9
- Oedèmes périphériques



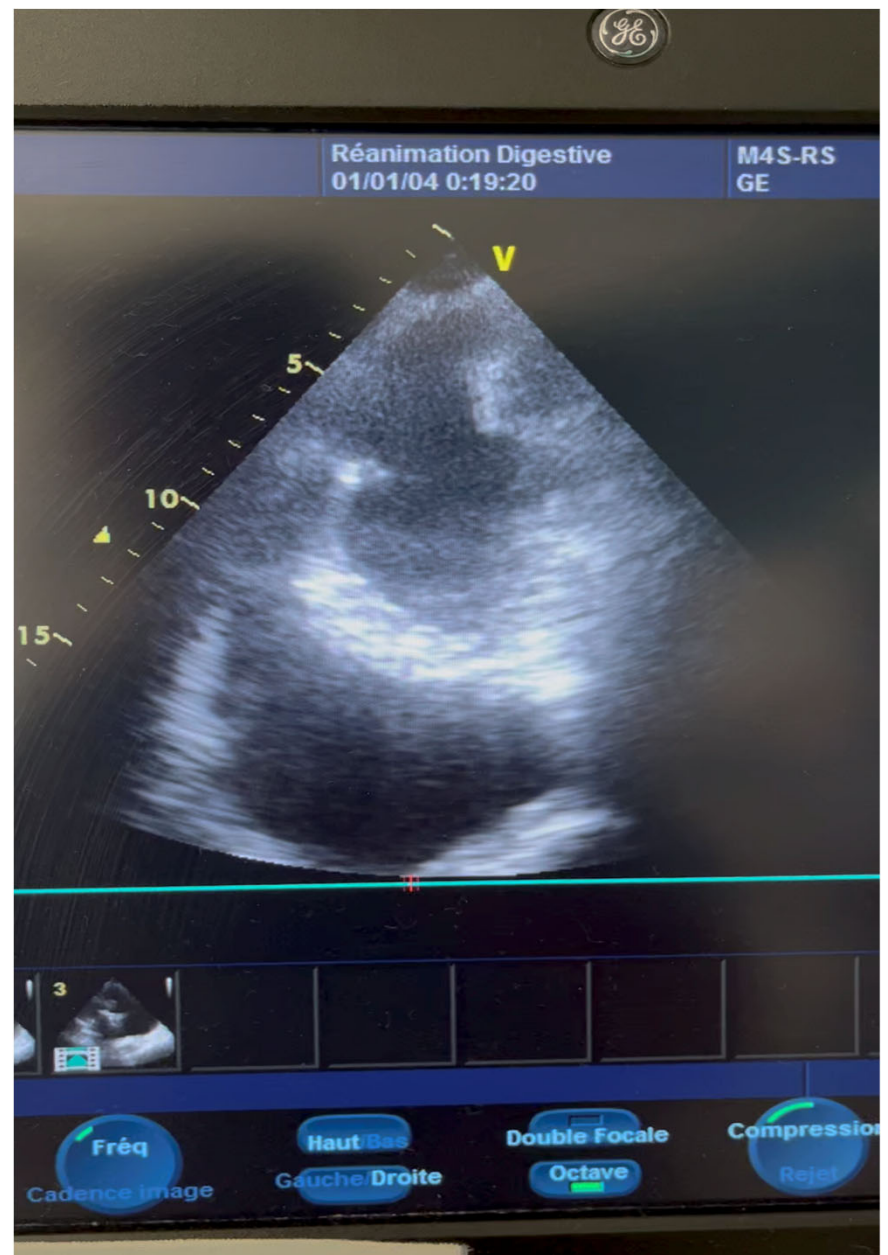
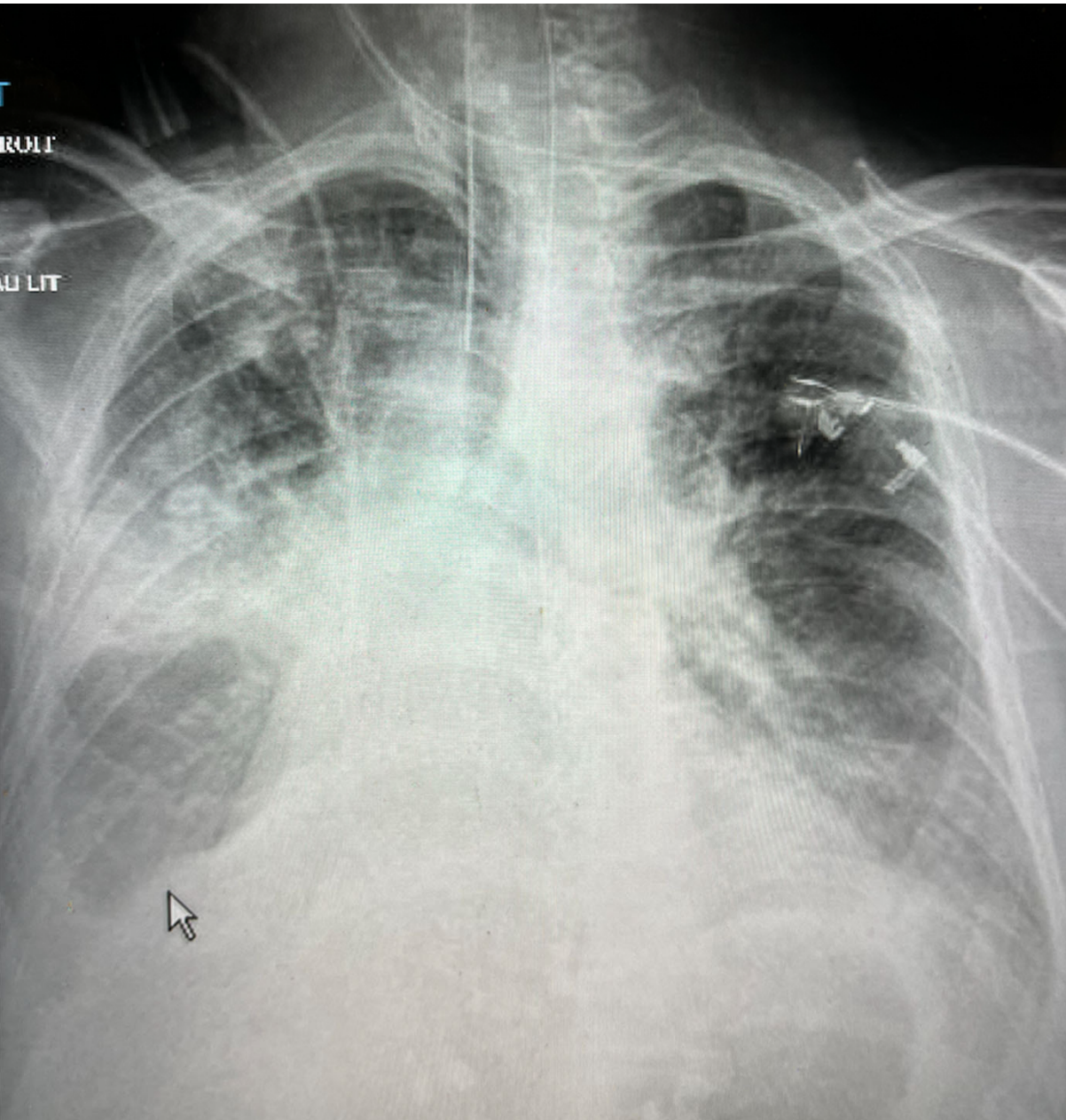
# Quelques exemples du quotidien

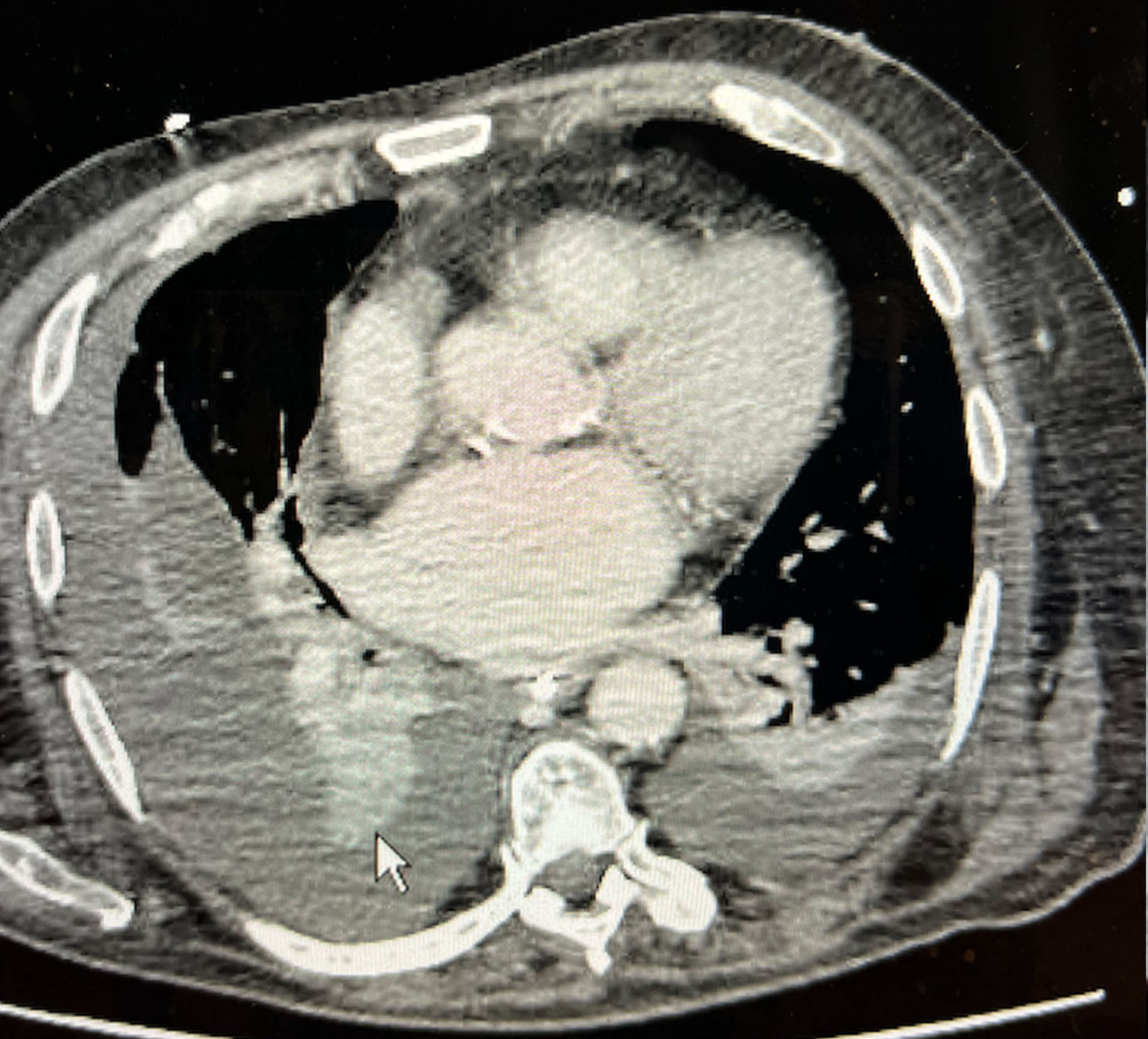
- Patient de 75 ans J30 SDRA post inhalation contexte de syndrome occlusif
- MICI
- Sevrage ventilatoire difficile
- Dénutrition, escarre sacré
- Alimentation parentérale
- Oedèmes périphériques



# Quelques exemples du quotidien

- Patient de 54 ans Pancréatite aigue grave
- Abdomen distendu
- Surcharge hydro sodé périphérique
- Difficultés de sevrage respiratoire
- Hyperthermie





.VIS  
1.0



# Messages clés

- Technique simple, disponible, au lit du patient
- Reproductible
- Analyse dynamique
- Choix de sonde adapté
- Performances diagnostiques excellentes ... chez un opérateur entraîné
- Contexte clinique



Merci pour votre attention