

# Nouveautés en ventilation: Fermeture des voies aériennes et recrutement alvéolaire

07/03/2022 – Journée nationale du DESC de Réanimation

Pr Rémi Coudroy

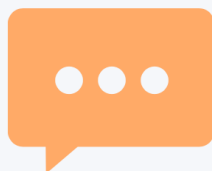
Médecine Intensive Réanimation, CHU de Poitiers

INSERM CIC 1402, groupe ALIVE, Université de Poitiers



**WEB**

- 1 Connectez-vous sur [www.wooclap.com/JDZHJO](http://www.wooclap.com/JDZHJO)
- 2 Vous pouvez participer



**SMS**

- 1 Pas encore connecté ? Envoyez **@JDZHJO** au **06 44 60 96 62**
- 2 Envoyez votre message au même numéro



# Liens d'intérêt

Je n'ai pas de lien d'intérêt en rapport avec cette présentation

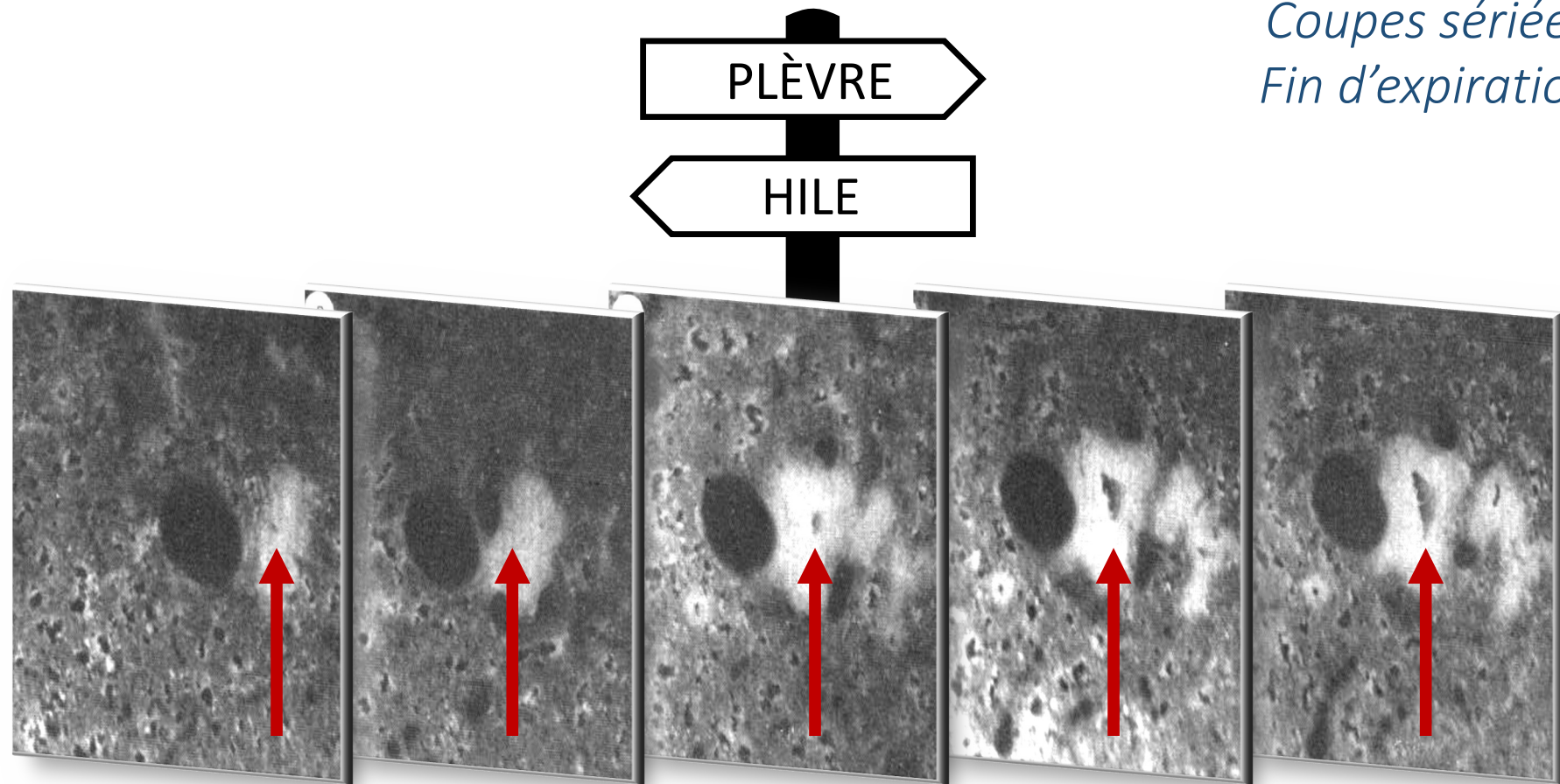
# Fermeture des voies aériennes

*Une « nouveauté »?*

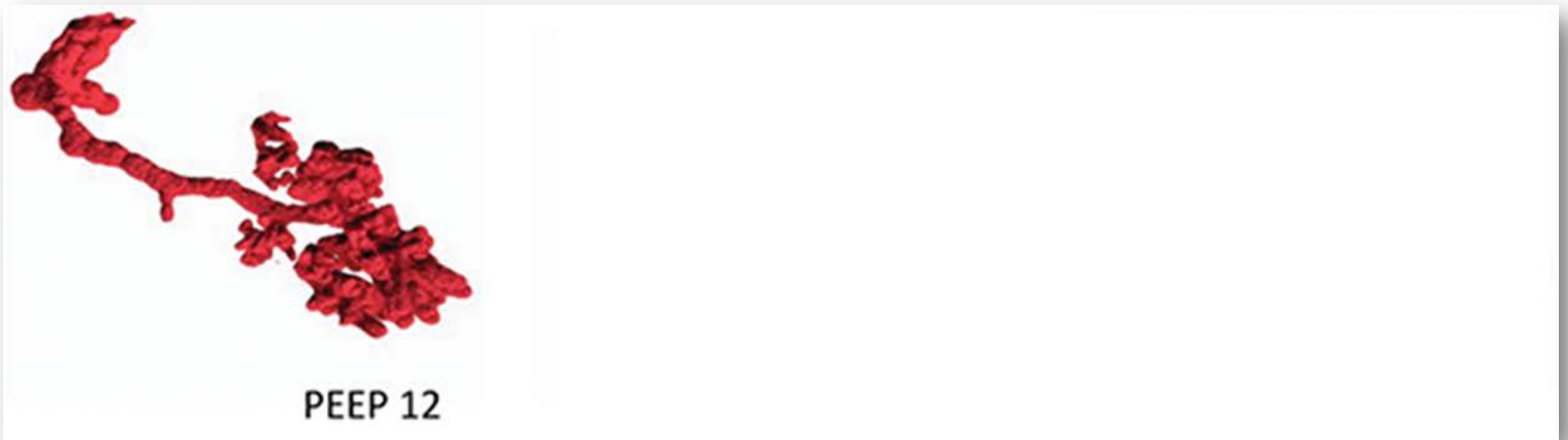


Site of airway closure in excised dog lungs:  
histologic demonstration

*1.7 mm de la plèvre*  
*Coupes sériées*  
*Fin d'expiration*



# Un phénomène dynamique



Il existe une pression de fermeture/d'ouverture des voies aériennes



# Pour comprendre: rappel sur la compliance

Définition mécanique: « Dilatation volumique en fonction d'une variation de pression »

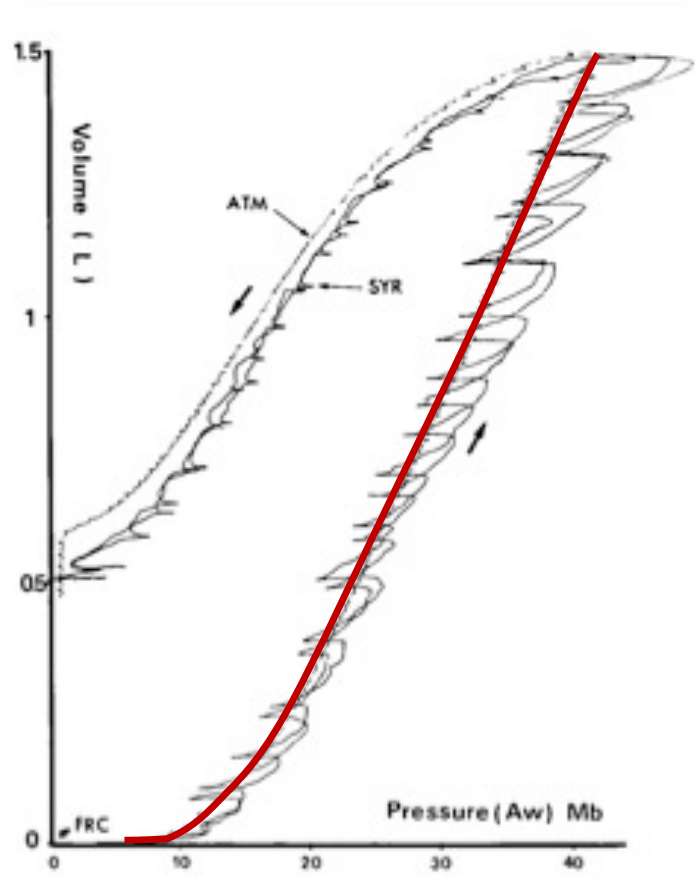
$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

Equation du mouvement du système respiratoire (1929)

Pour mesurer la compliance, il faut s'affranchir de la pression résistive (et donc du débit)

$$P = P_0 + \quad + V/c$$

# Courbe pression-volume **quasi-statique**

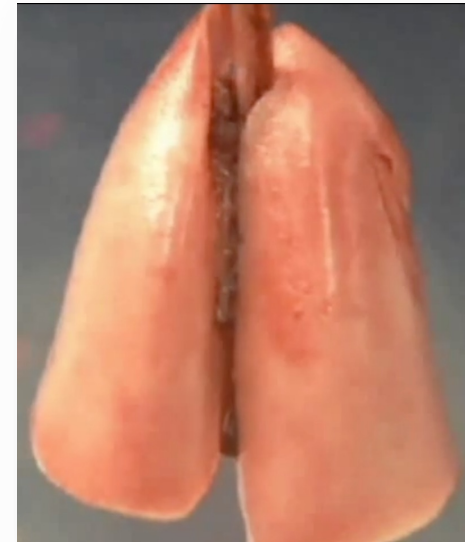
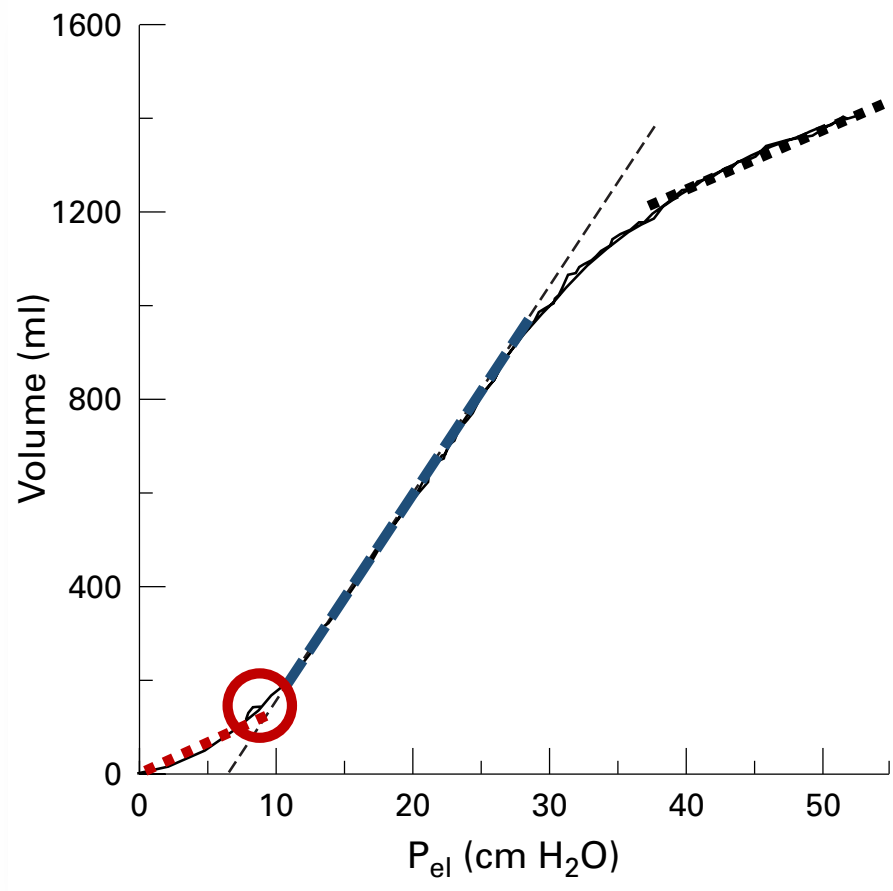


Débit inspiratoire faible

$$P = P_0 + \sim 0 \times \mathcal{R} + V/C$$

Pente de la courbe = compliance

# Concept historique



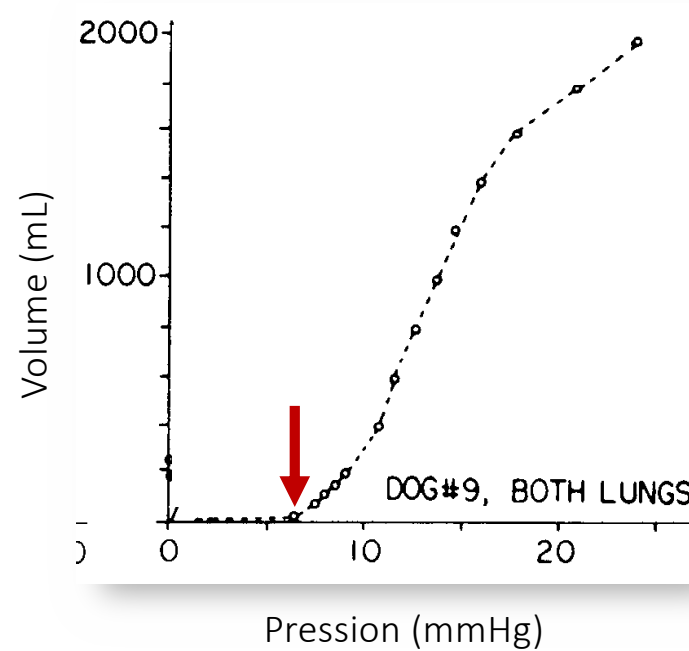
Jonson *Thorax* 1999

# « Poumon collabé en dessous du LIP » ?

	Lower Inflection Point	ZEEP
Total volume, ml	+	2,508 ± 660
Normally aerated volume, ml	+	649 ± 723
Poorly aerated volume, ml	+	972 ± 327

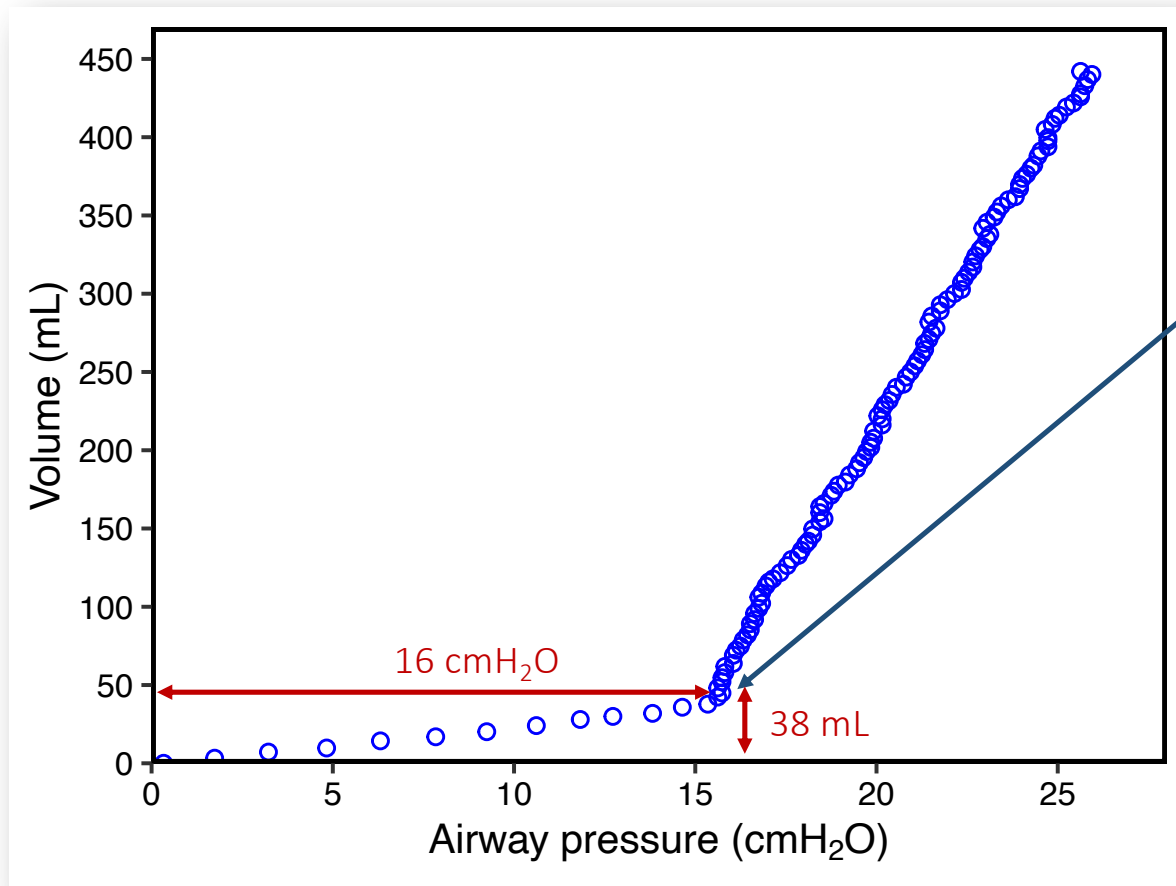
Non, majorité du poumon est aéré malgré  $Paw < LIP$  !

« LIP causé par excès de pression pleurale » ?



Non, le LIP existe dans un modèle animal *ex-vivo* (poumons explantés)

# « Nouveauté »: Réinterprétation de la courbe

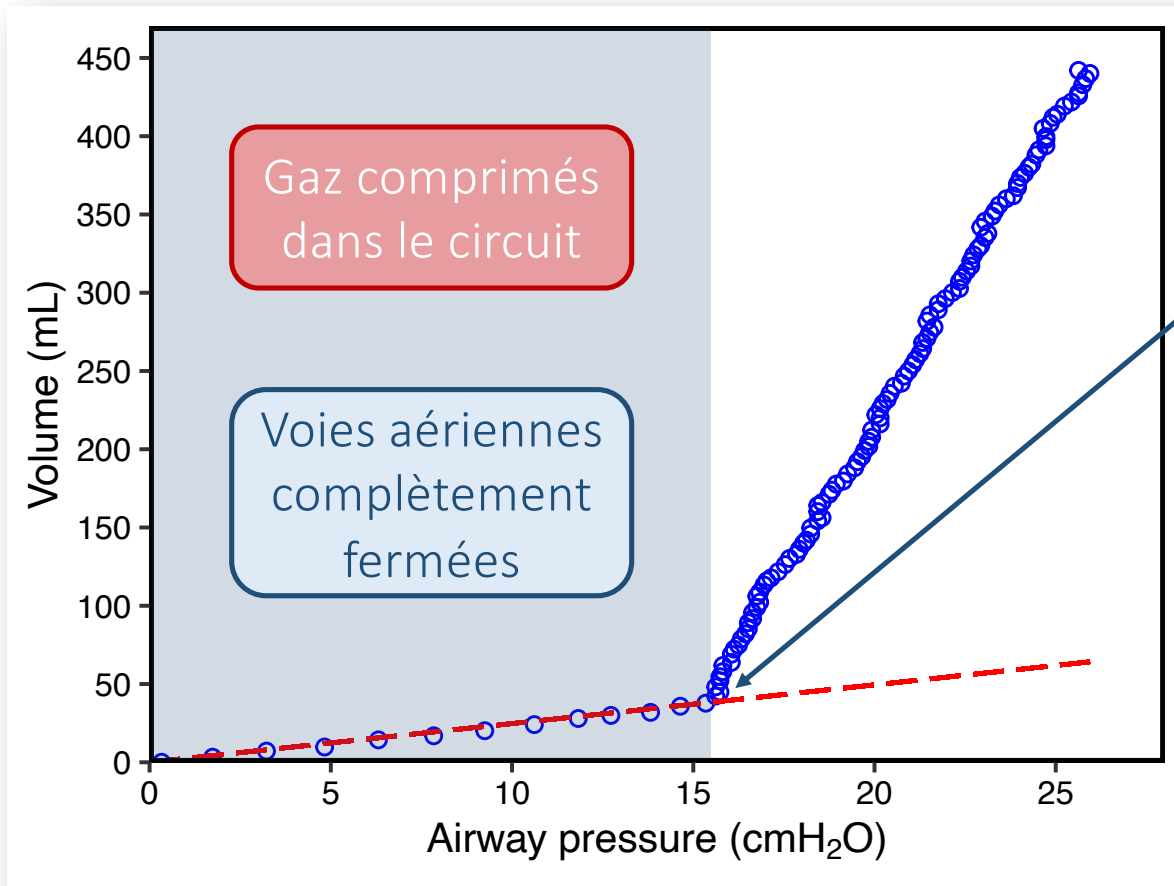


Quelle est la compliance à ce niveau de pression?

2.4 mL/cmH<sub>2</sub>O

Compliance du circuit testé!

# Hypothèse

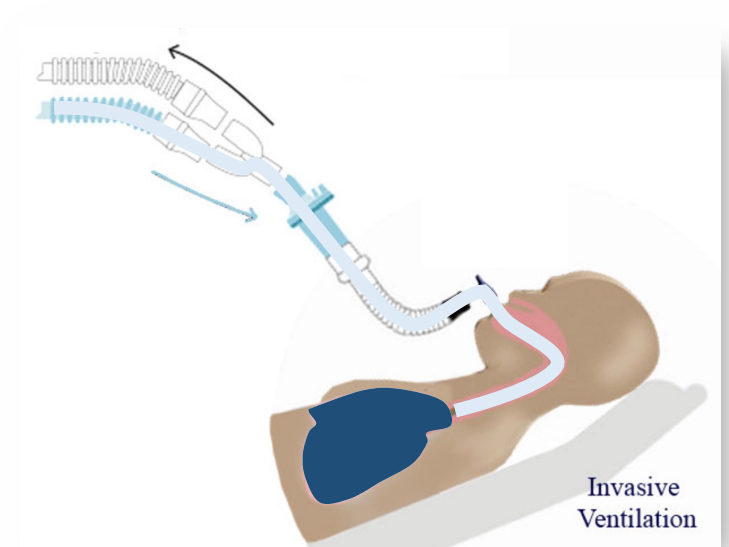
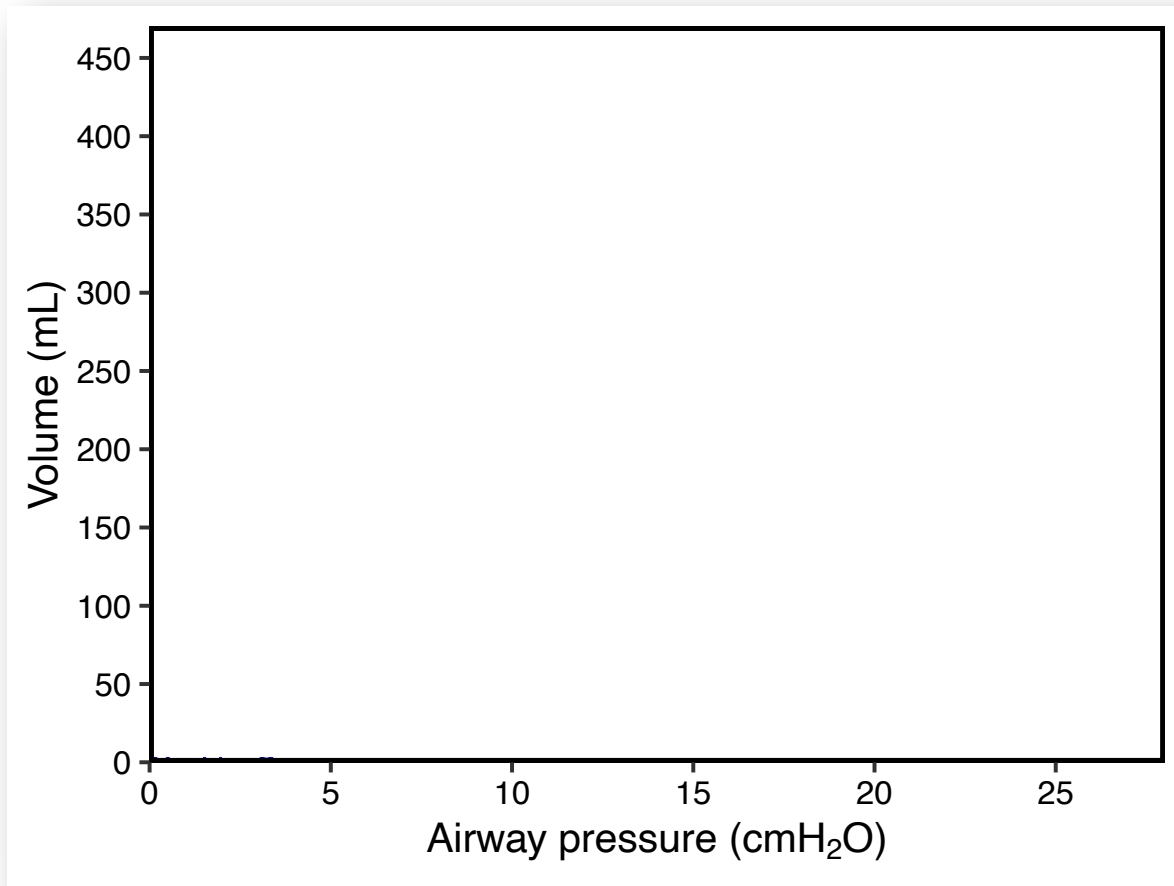


Pression d'ouverture des  
voies aériennes (AOP)





# Illustration



# Identifier la fermeture des voies aériennes

- 1) Pas d'effort respiratoire
- 2) PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O
- 3) Baisser la fréquence respiratoire à 8/min
- 4) Attendre que  $V_{ti}=V_{te}$

Fonction courbe PV bas débit  
inspiratoire du ventilateur

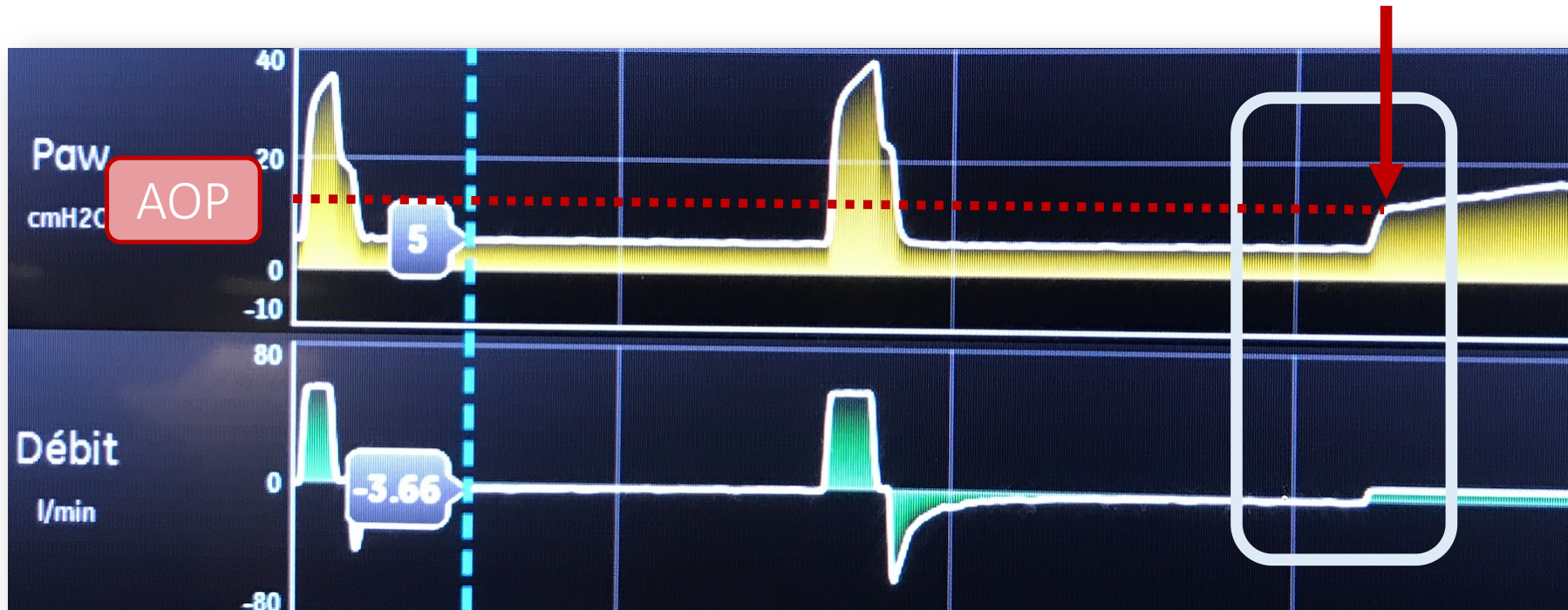
Courbe Pression-temps avec  
débit < 10 L/min

# Courbe Pression-temps bas débit



Début de la courbe de Paw **linéaire** = Pas de fermeture des voies aériennes

# Courbe Pression-temps bas débit



Inflexion au début de la courbe de Paw = Fermeture des voies aériennes



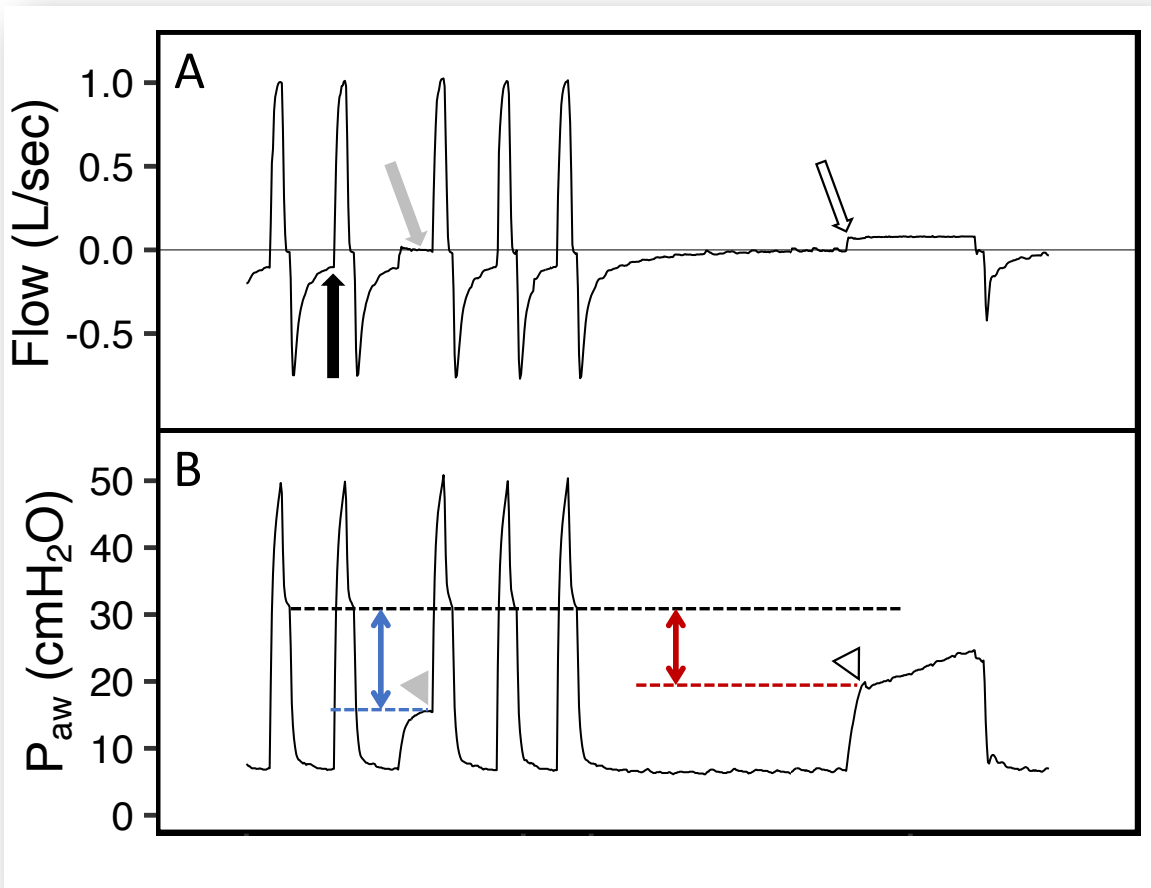
# Épidémiologie

Référence	N=	Prévalence	AOP (cmH <sub>2</sub> O)
Yonis <i>Am J Respir Crit Care Med</i> 2018	65	32%	11 ± 3; 8 ± 1
Coudroy <i>Intensive Care Med</i> 2019	23	48%	9 [7-12]
Chen <i>Am J Respir Crit Care Med</i> 2020	30	40%	5 à 20
Coudroy <i>Anesthesio</i> 2020	30	40%	10 [9-13]
Haudebourg <i>Am J Respir Crit Care Med</i> 2020	30	40%*	8 [5-10]
	30	11%	5 [5-9]
Guérin <i>J Appl Physiol</i> 2020	25	52%	9 [8-15]
Brault <i>J Crit Care</i> 2021	27	44%*	8 [7-10]
Beloncle/Brault/Carteaux/Coudroy/Cour/Dres/Pham/Piquilloud (non publié)	272	25%*	7 [6-10]

Environ 30% des patients  
AOP médiane ~ 8-10 cmH<sub>2</sub>O



# Conséquences mécaniques



Driving pressure, cm H <sub>2</sub> O	
Not considering airway closure	11.4 (9.3–12.9)
Considering airway closure	10.9 (8.6–12.6)
Mean difference (95% CI)	-0.9 (-1.5 to -0.4)
PValue	0.002
Elastance, cm H <sub>2</sub> O/l	
Not considering airway closure	27.7 (23.3–35.0)
Considering airway closure	26.8 (22.0–31.2)
Mean difference (95% CI)	-2.7 (-4.6 to -0.9)
PValue	0.005

$$E = \frac{1}{C} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

DP et Elastance ↓  
(la compliance est meilleure)



# Conséquences lésionnelles possibles?

Lésions bronchiolaires liées à l'ouverture et à la fermeture répétées des voies aériennes à chaque cycle respiratoire

LUNG INJURY SCORES*				
	PEEP = 0	PEEP < P <sub>inf</sub>	PEEP > P <sub>inf</sub>	Not Ventilated
Total airway injury score, %†	40.1 ± 14.6 (< 0.01)	31.4 ± 8.8 (< 0.01)	13.6 ± 3.4 (NS)	14.0 ± 5.9

Muscledere *Am J Respir Crit Care Med* 1994

Lésions bronchiolaires décrites dans séries autopsiques

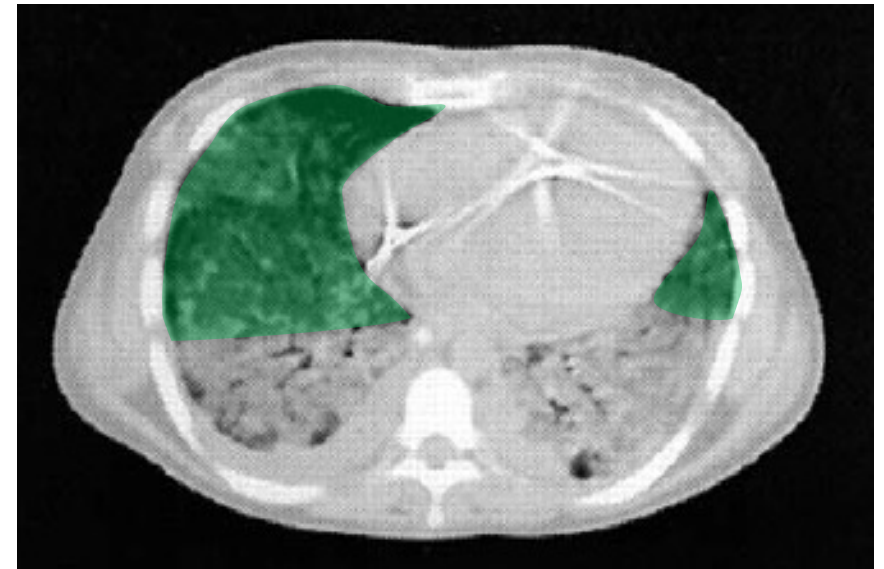
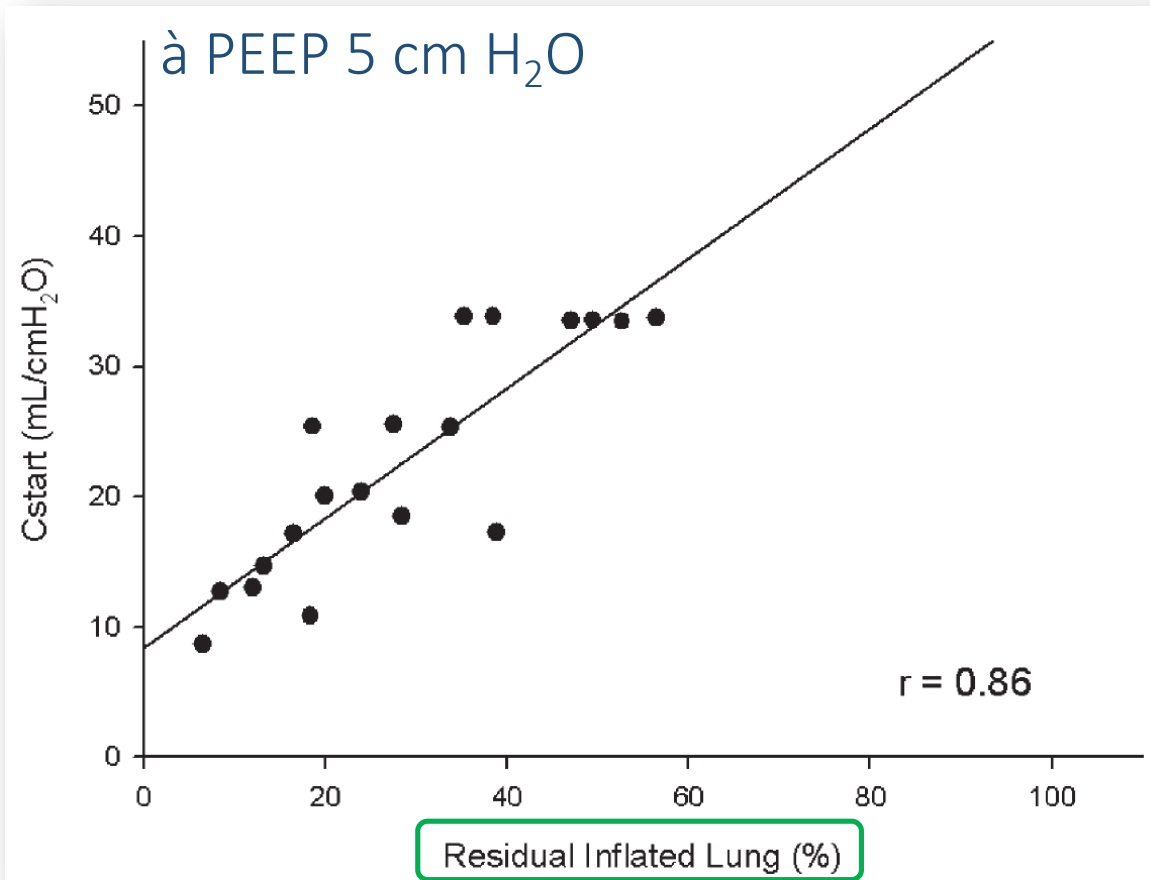
Rouby *Intensive Care Med* 1993

Il faut probablement régler la PEP au dessus de la pression d'ouverture des voies aériennes

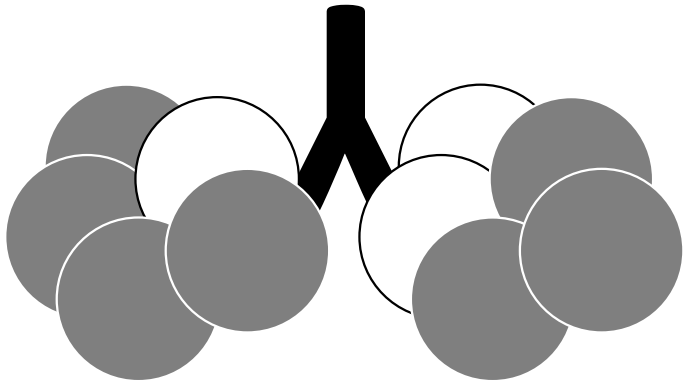
# Recrutement alvéolaire

*Quelles nouveautés?*

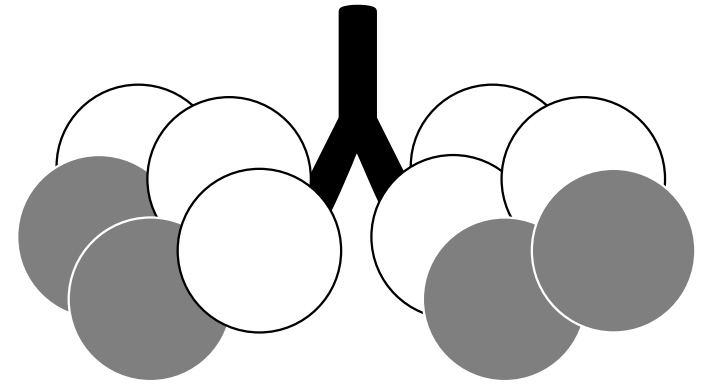
# Rappel sur le concept de « baby lung »



# Intérêt de recruter des alvéoles



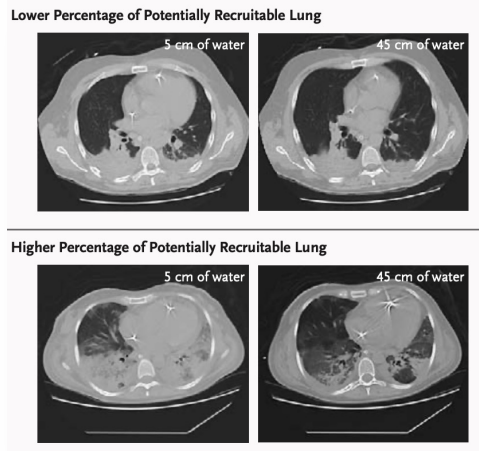
Risque de surdistension  
élevé



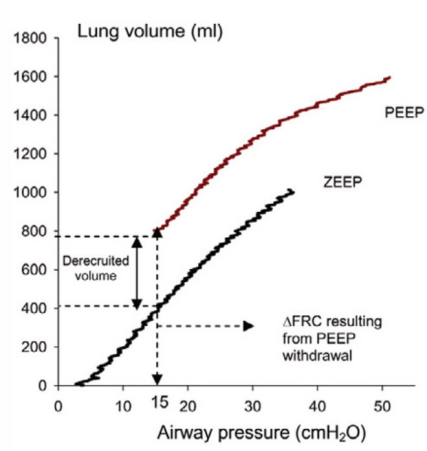
Risque de surdistension  
moindre



# Evaluation du recrutement alvéolaire

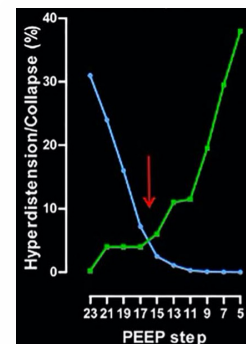


Gattinoni *New Engl J Med* 2006

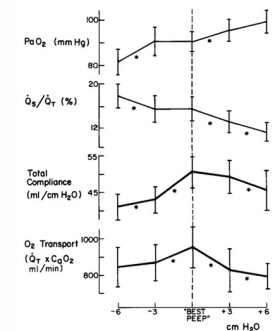


Lu *Crit Care* 2006

## Titration de PEP



Frerichs *Thorax* 2017

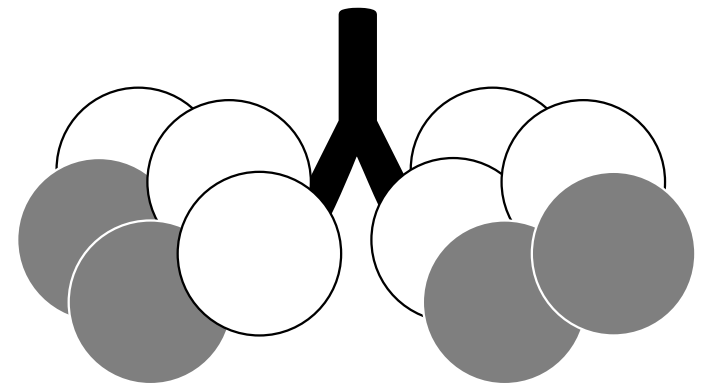
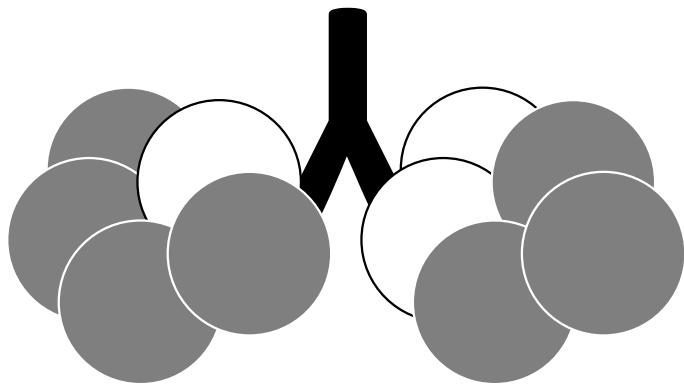


Suter *New Engl J Med* 1976

« Nouveauté »: évaluation au lit du malade sans autre dispositif que le respirateur (et une calculatrice)

# Principe **théorique** (fin d'expiration)

30 mL/cmH<sub>2</sub>O



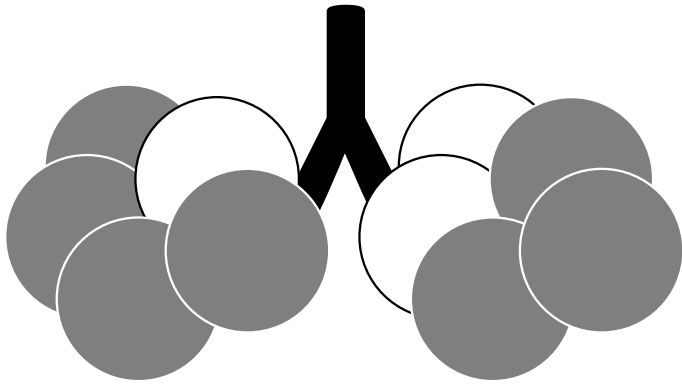
Volume fin d'expiration  
(*EELV*)

*EELV* +

*EELV* + 300 mL

Patient « **recrutable** » (fin d'expiration)

30 mL/cmH<sub>2</sub>O

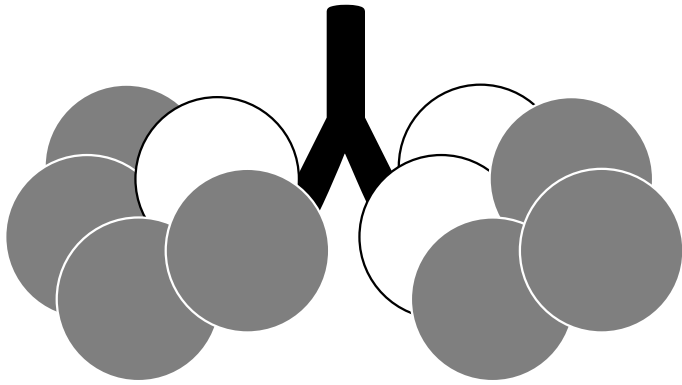


Volume fin d'expiration  
(*EELV*)



Patient « **non recrutable** » (fin d'expiration)

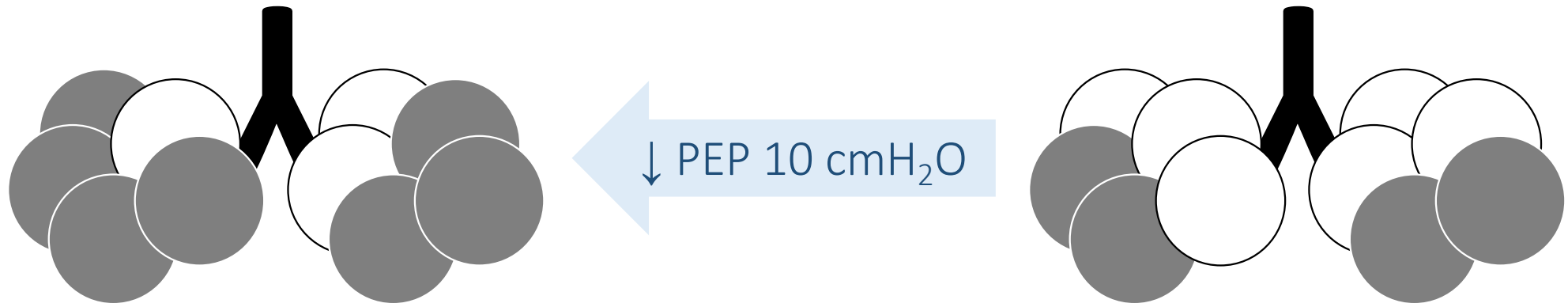
30 mL/cmH<sub>2</sub>O



Volume fin d'expiration  
(*EELV*)

# Evaluation de la recrutabilité au lit du malade

Sur 1 cycle respiratoire



Grand volume expiré

Volume inspiré à PEP élevée

EELV prédit: Compliance à PEP basse x ↓PEP

Volume dérecruté éventuel

# Volume dérecruté

Dépend de l'importance de la baisse de PEEP

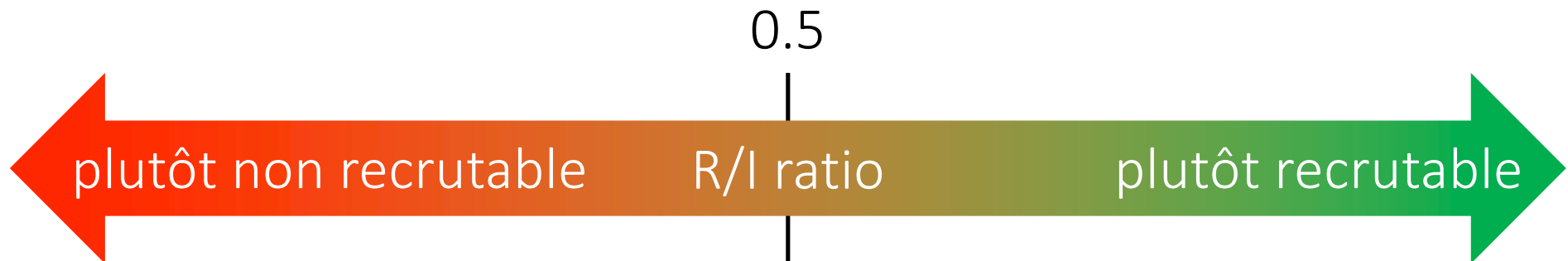
Normaliser le volume dérecruté au  $\Delta$  PEEP

$$\frac{\text{Vol dérecruté}}{\Delta PEEP}$$

# Compliance du poumon dérecruté

Rapporter à la compliance à PEEP basse (baby lung)

$$\frac{C_{\text{poumon dérecruté}}}{C_{\text{baby lung}}} = R/I \text{ ratio}$$



Mais s'il y a une fermeture des voies aériennes



$$\Delta P_{\text{plateau}} = P_{\text{plateau}} - P_{\text{basal}} = 5 \text{ cmH}_2\text{O}$$

$$C_{\text{baby lung}} = \frac{V_t}{P_{\text{plateau}} - P_{\text{EEP}_t}}$$

Pour le calcul du R/I ratio, il faut prendre en compte l'existence d'une fermeture des voies aériennes (et donc faire une courbe PV bas débit)

En pratique

# PEEP 15, s'affranchir de l'auto-PEEP



# Dérecrutement entre PEEP 15 et 5





# Mécanique à PEEP 5 et courbe PV



Vti PEEP 15= 405 mL

Grand Vte lors baisse de PEEP= 1217 mL

A PEP 5, Pplat= 12 cmH<sub>2</sub>O

Pas de fermeture des voies aériennes



<https://rtmaven.com>

<https://app.sdrapps.fr/riRatio>

$$V_{rec} = 1217 - 405 - \frac{400}{12 - 5} \times (15 - 5)$$

$$C_{poumon\ dérecruté} = \frac{241}{15 - 5} = 24,1 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$$

$$R/I \text{ ratio} = \frac{24,1}{\frac{400}{(12 - 5)}} = \frac{24,1}{57,4} = 0,42$$

# Les « nouveautés » en ventilation

Fermeture complète des voies aériennes

Courbe pression-volume bas débit à PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O

PEEP > AOP?

Le patient est-il « recrutable » ?

R/I ratio (manœuvre de dérecrutement + courbe PV)

Réglage de PEEP selon R/I ratio?

**Merci de votre attention**