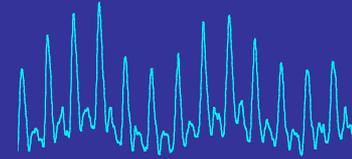


Interactions Cardio-respiratoires

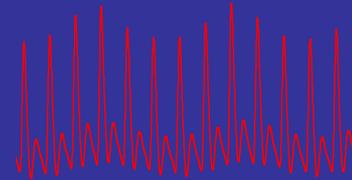
Dr. Marc Lilot
Frédéric Gougain

Hôpital Louis Pradel
Hospices Civils de Lyon

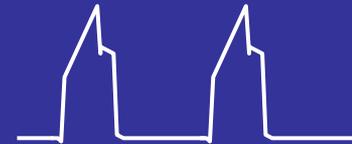
Plethysmography
Waveform



Arterial
Pressure



Airway
Pressure

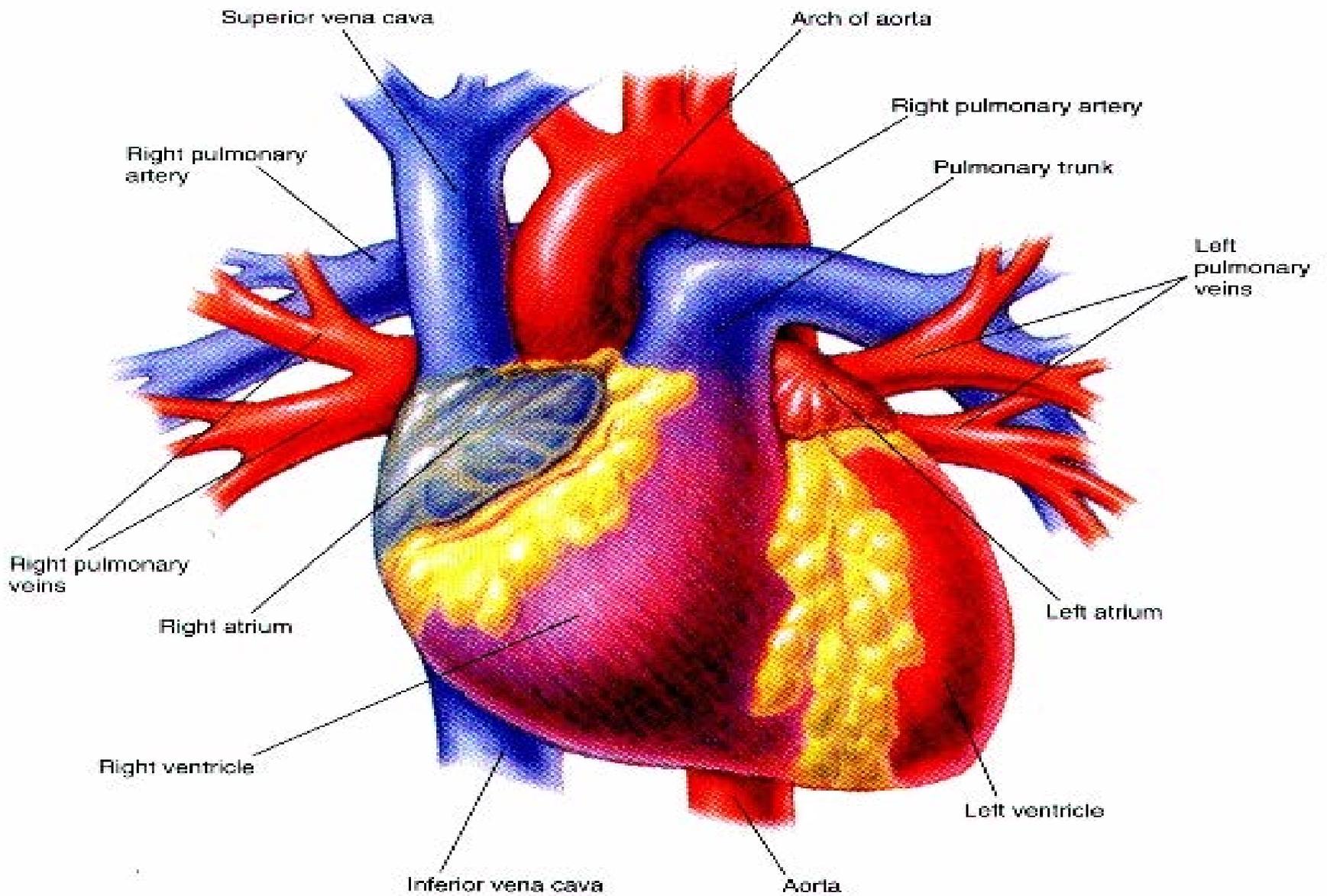


Hospitaux de Lyon

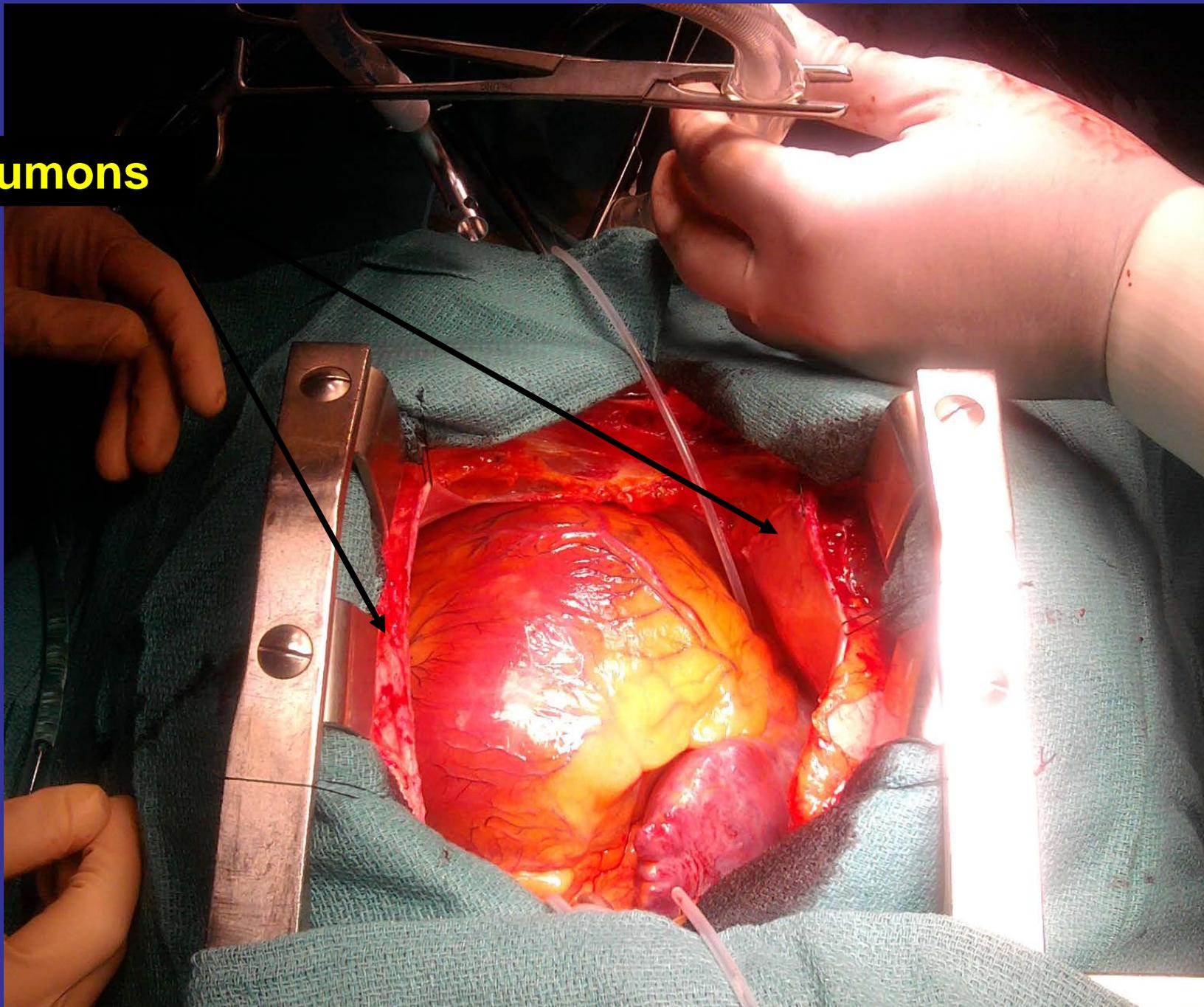
Remerciements: Dr Bertrand Delannoy
pour l' aide aux supports pédagogiques

Introduction

- **Cœur et poumon: un couple !!**
- **Circulations dépendantes**
- **Tous 2 dans le même volume = cage thoracique**
- **Tous 2 soumis au même régime de pression**

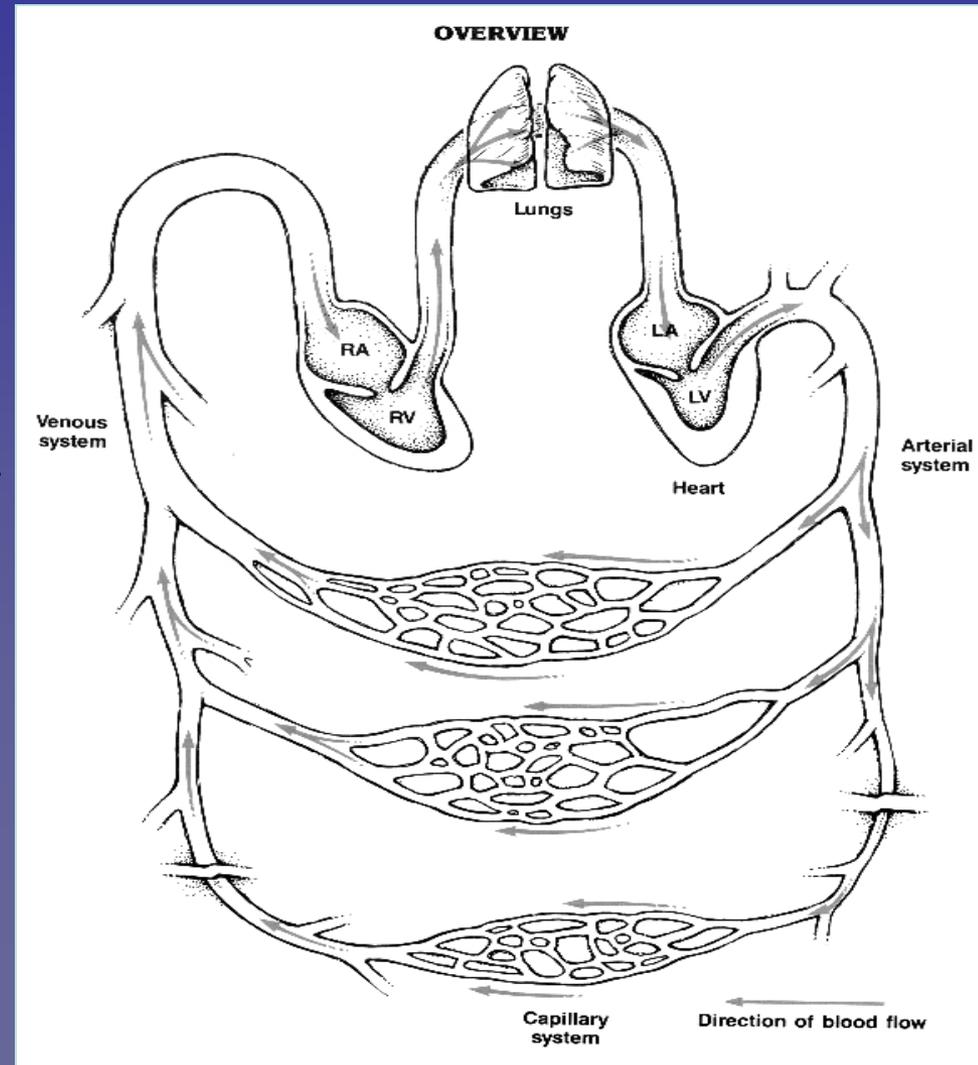


poumons



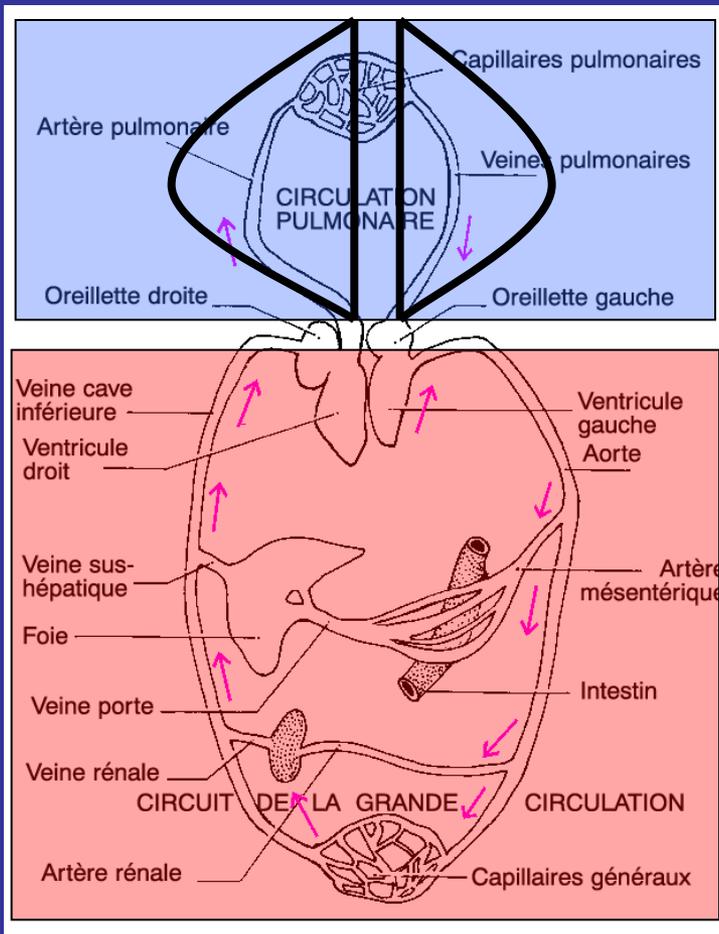
Organisation du système Circulatoire

Organisation d'un Circuit en Série et d'une Circulation Distale en Parallèle

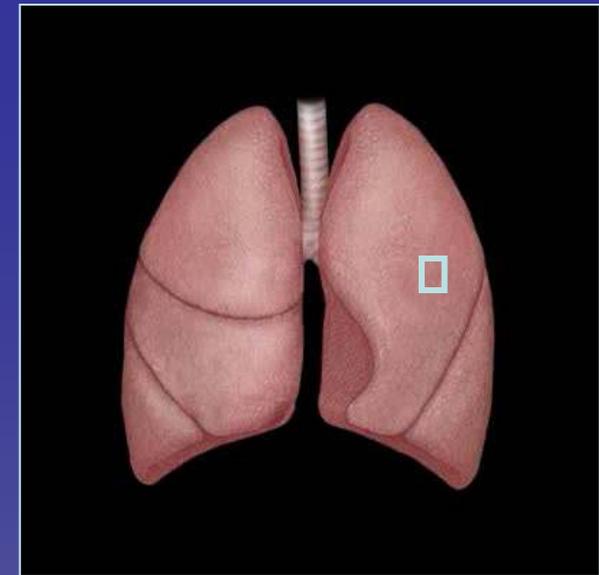
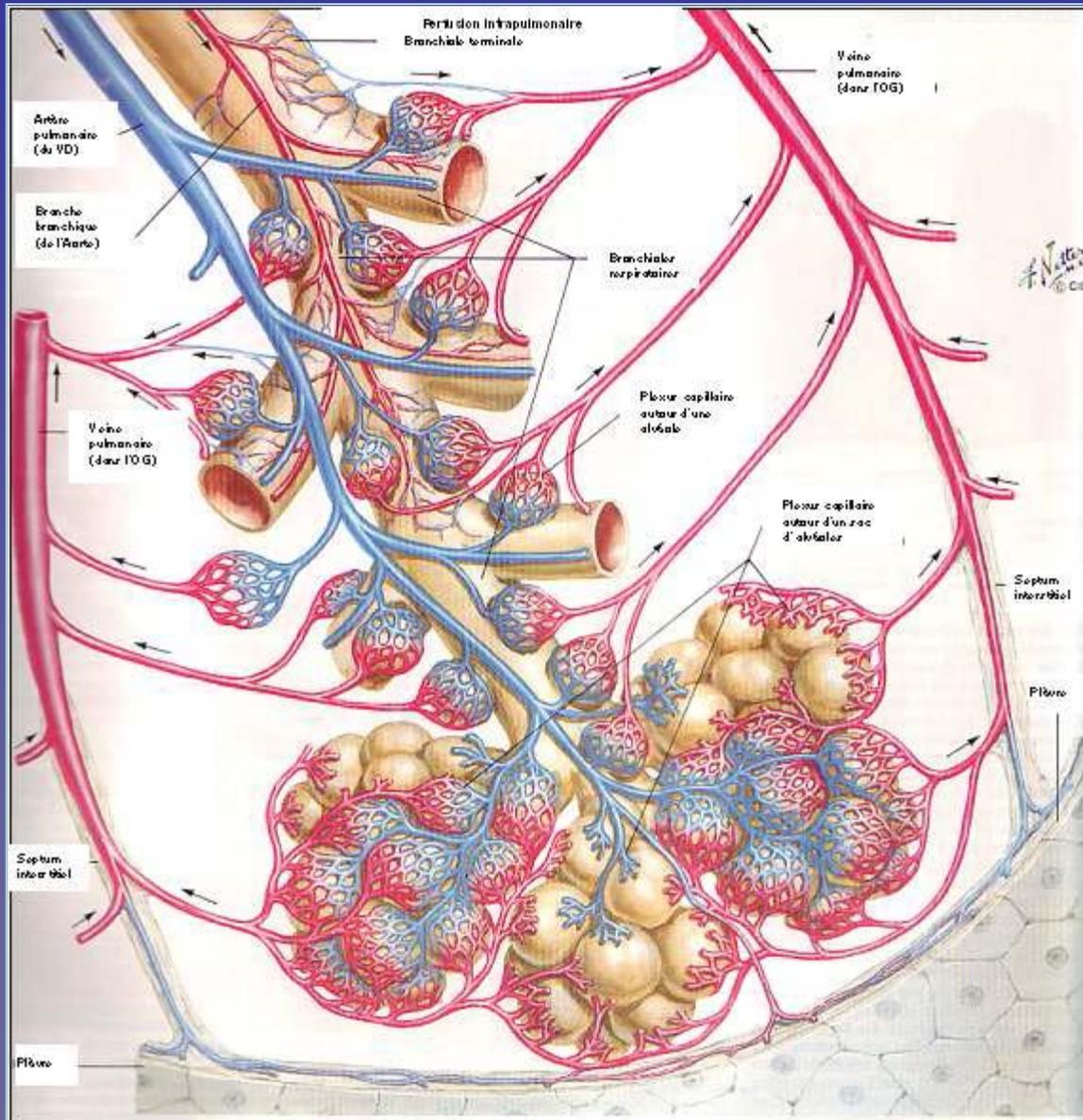


RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

- Un système à haute Pression (**Systemique**)
- Un système à basse Pression (**Pulmonaire**)
- 1^{ère} étape de la cascade de l' O2: apporter l' O2 à l' hémoglobine

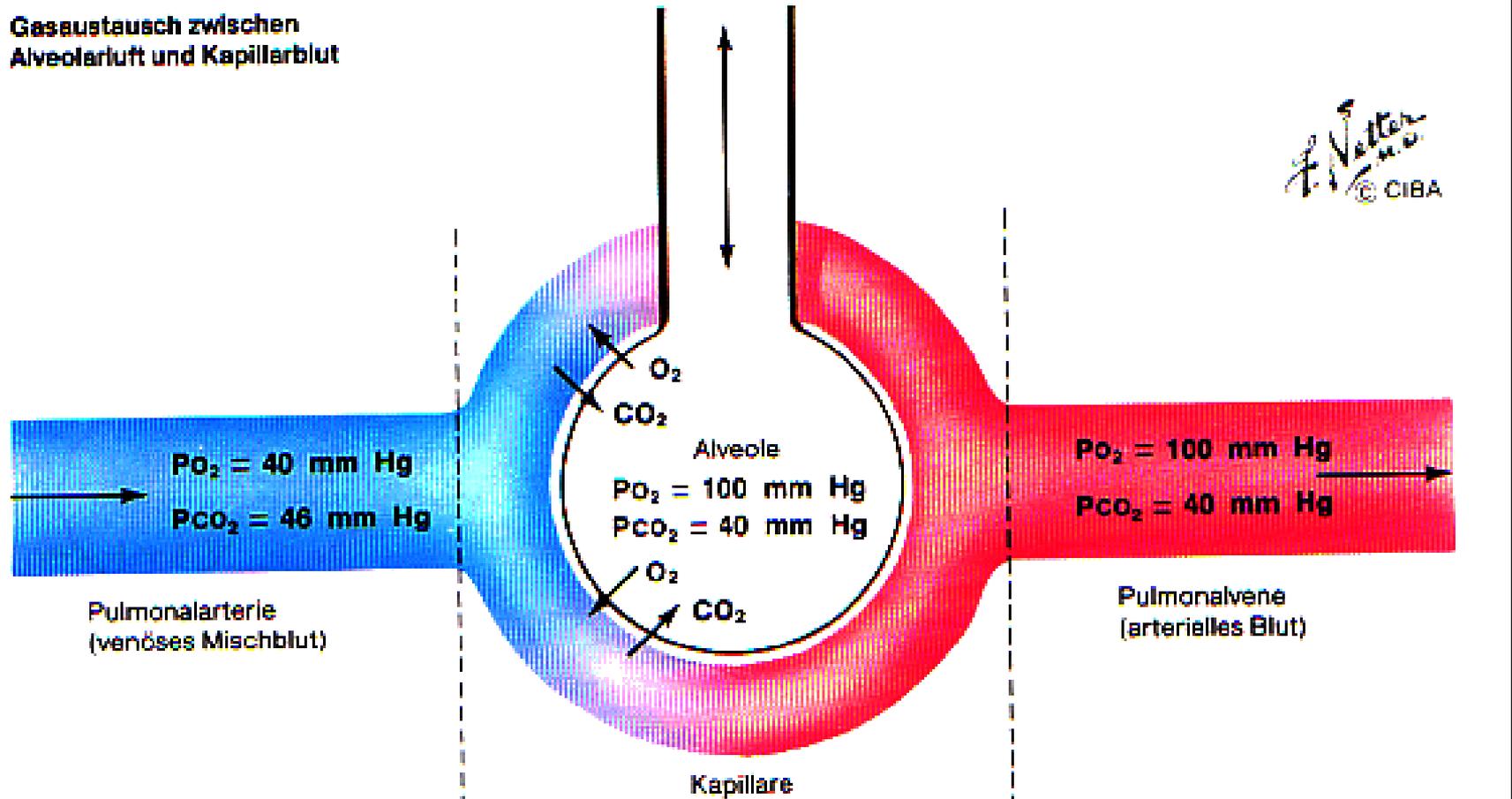


| Circulatory Pressures (mm Hg) | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|------|
| | Systolic | Diastolic | Mean |
| AO | 120 | 80 | 100 |
| LV | 120 | 8 | - |
| LA* | 7 | 10 | 4 |
| PA | 15 | 7 | 12 |
| RV | 15 | 2 | - |
| RA* | 4 | 4 | 0 |
| PCW* | 7 | 10 | 4 |
| * | A wave | V wave | |

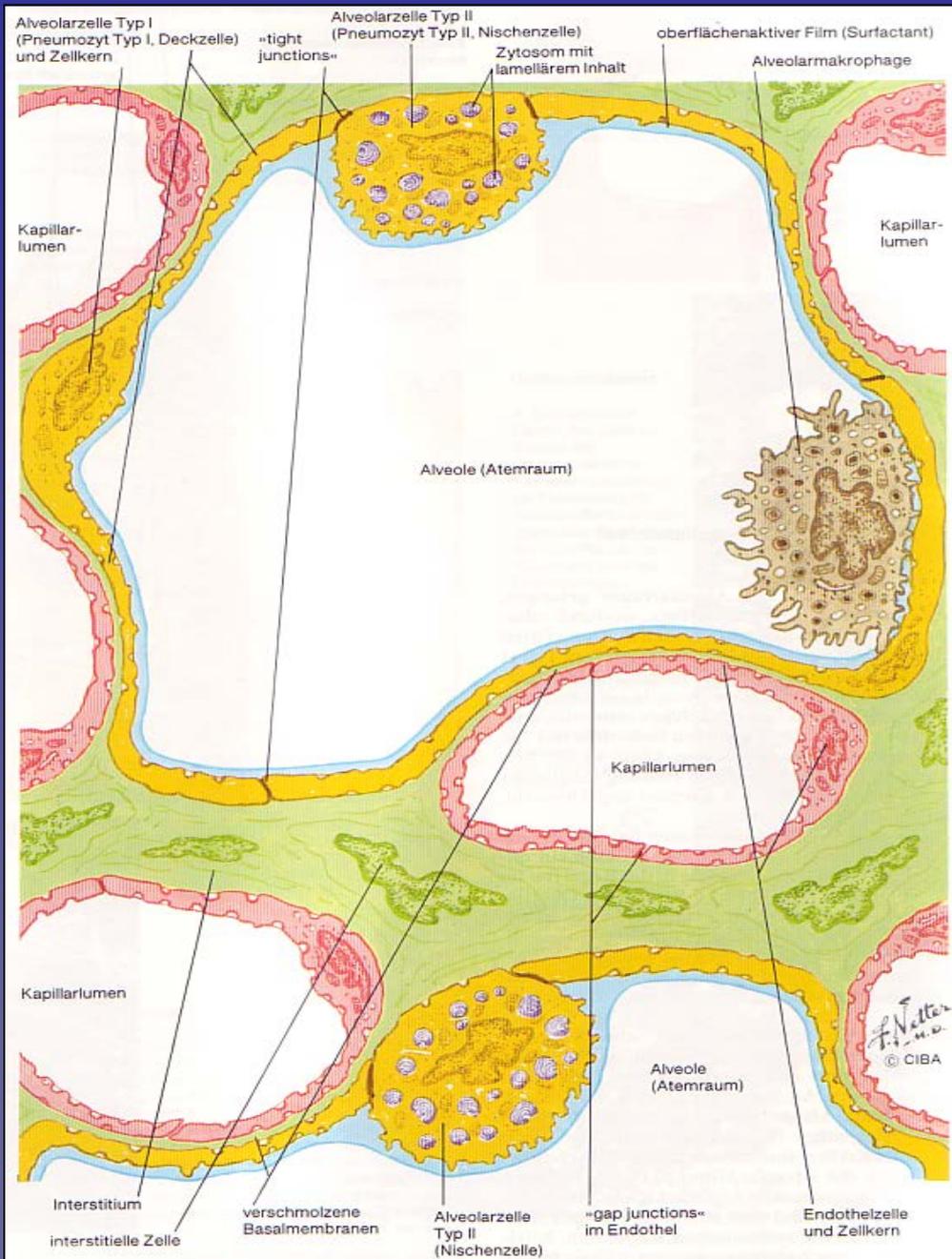


Vascularisation pulmonaire:
distribution des vaisseaux pulmonaires (artère et veine pulmonaire) selon les unités fonctionnelles du poumon: lobes, bronches, bronchioles, alvéoles.

**Gasaustausch zwischen
Alveolariuft und Kapillarblut**



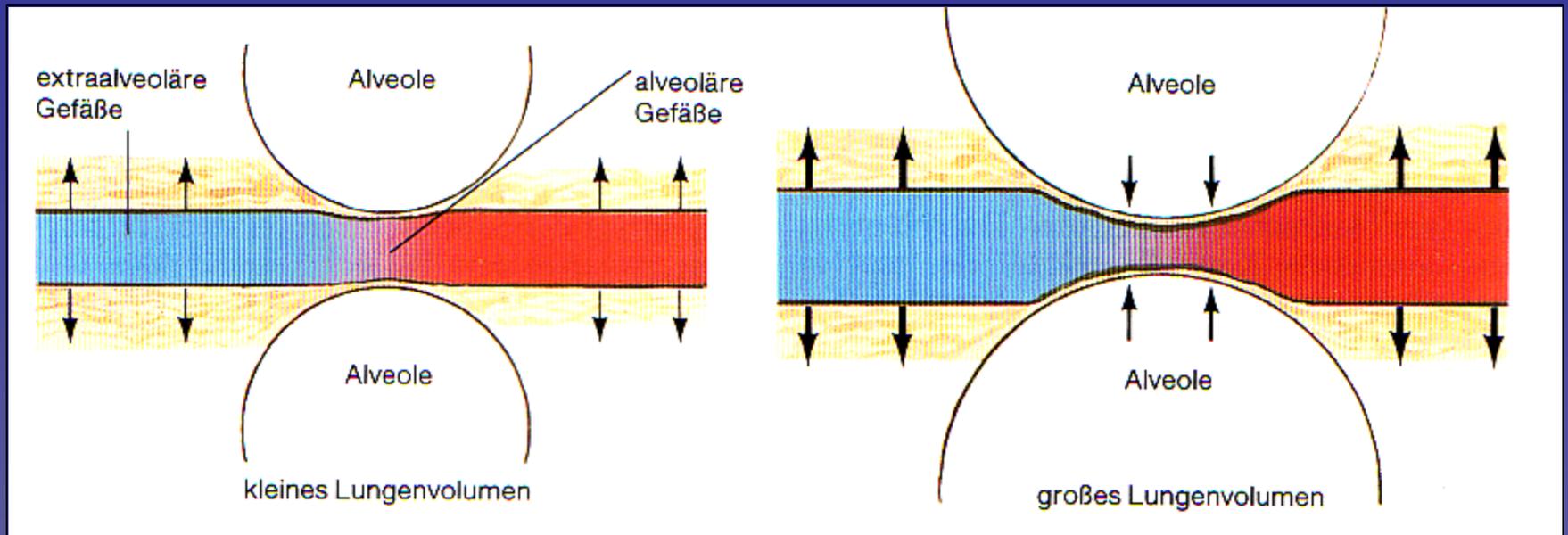
Echange gazeux dans une unité alvéole-capillaire normale.



La morphologie des structures qui participent à l'échange gazeux: l'alvéole avec

les alvéocytes type I (formant la paroi) et type II (produisant le surfactant)

et la capillaire suffisamment proche de l'alvéole pour garantir la diffusion des gaz



Une augmentation du volume intrapulmonaire entraîne une compression des capillaires alvéolaires et dilate les capillaires extra-alvéolaires.

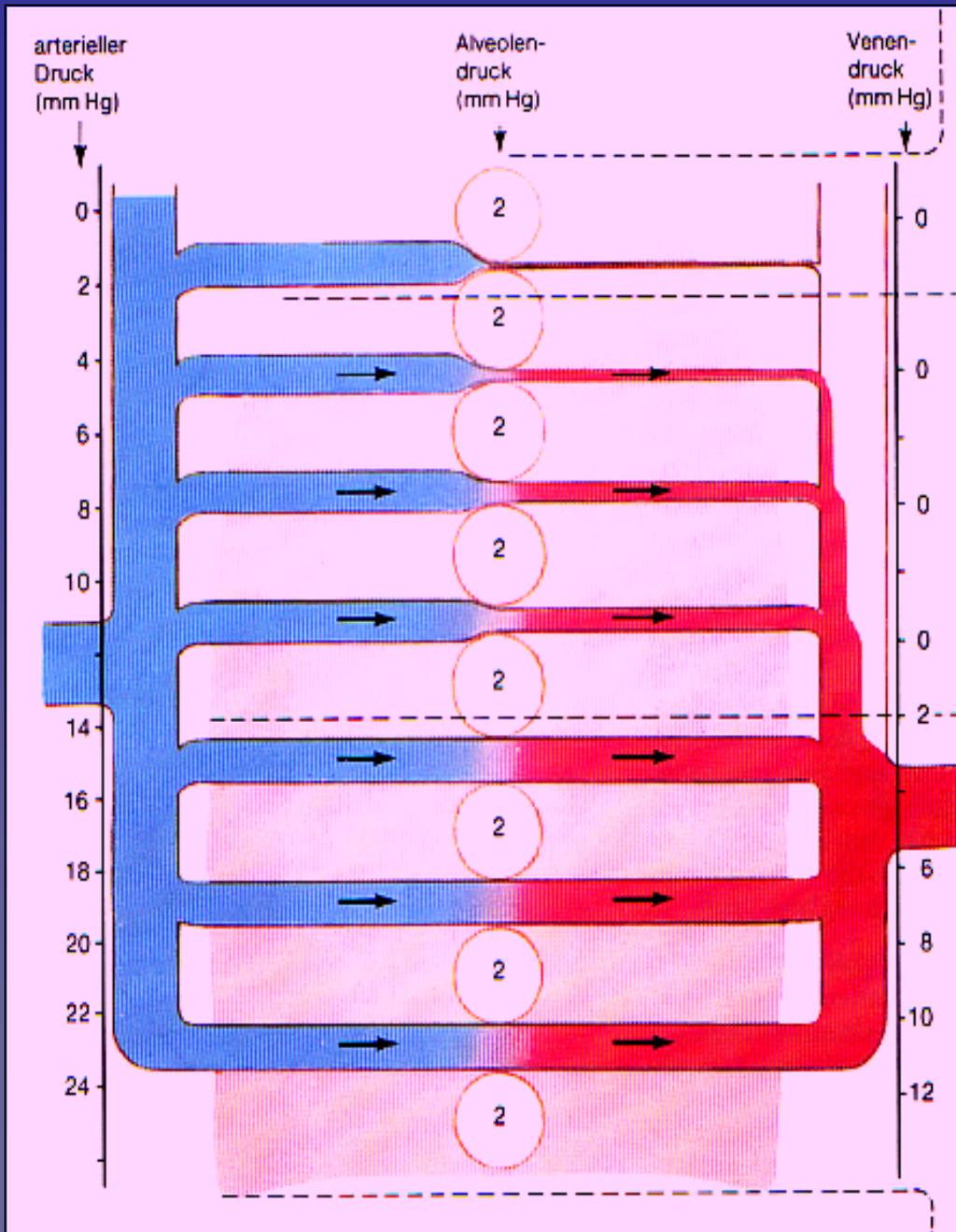


Schéma de J.B. WEST:

Zone1: pression alvéolaire > artérielle: pas de perfusion, pas d'échange gazeux

Zone2: pression alvéolaire = / < artérielle: échange gazeux change selon les conditions

Zone 3: pression artérielle et veineuse > alvéolaire: capillaires larges avec bonne perfusion et bon échange gazeux.

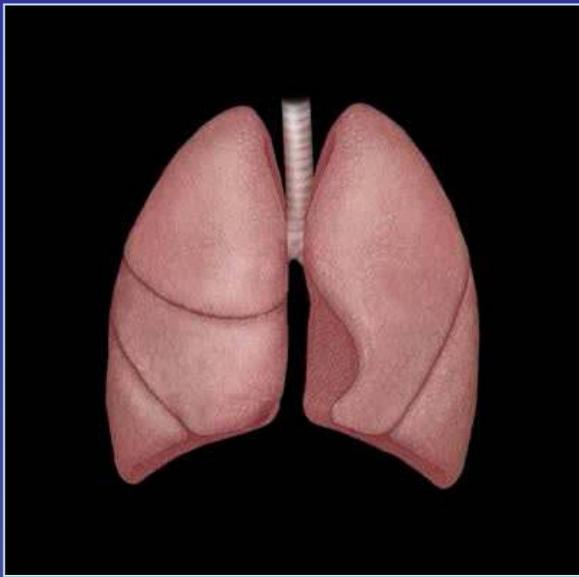
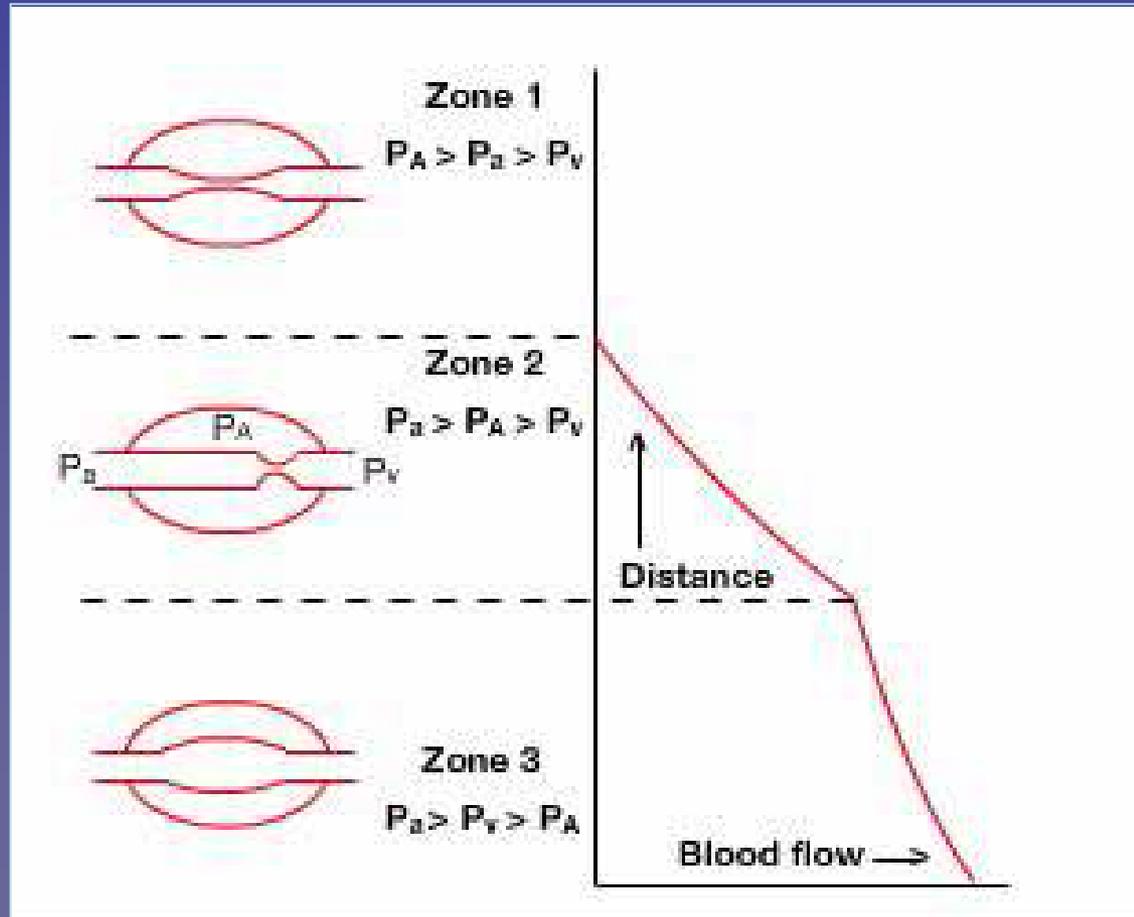


Schéma de J.B. WEST:

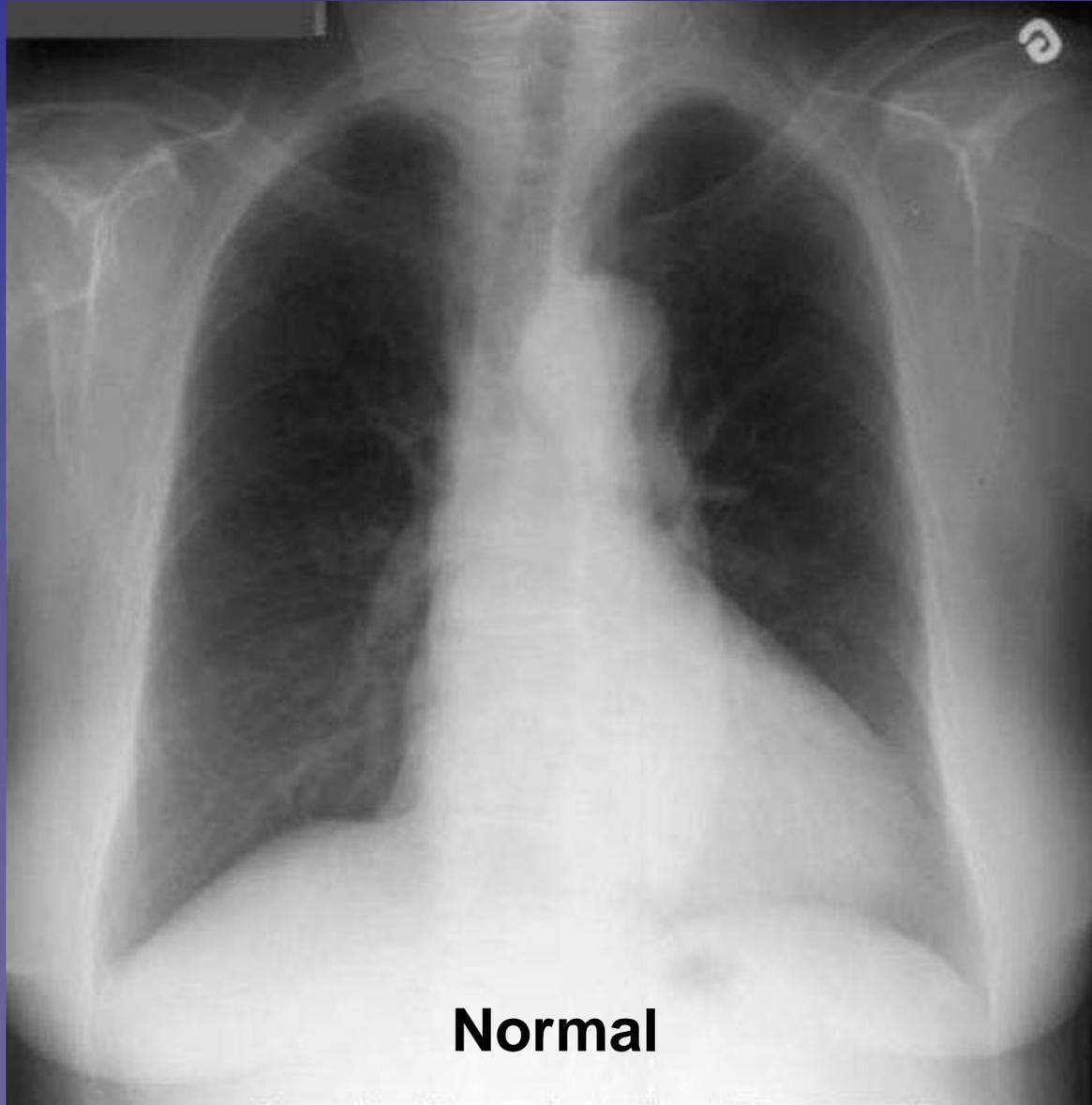
Zone 1: pression alvéolaire > artérielle: pas de perfusion, pas d'échange gazeux

Zone 2: pression alvéolaire = / < artérielle: échange gazeux change selon les conditions

Zone 3: pression artérielle et veineuse > alvéolaire: capillaires larges avec bonne perfusion et bon échange gazeux.

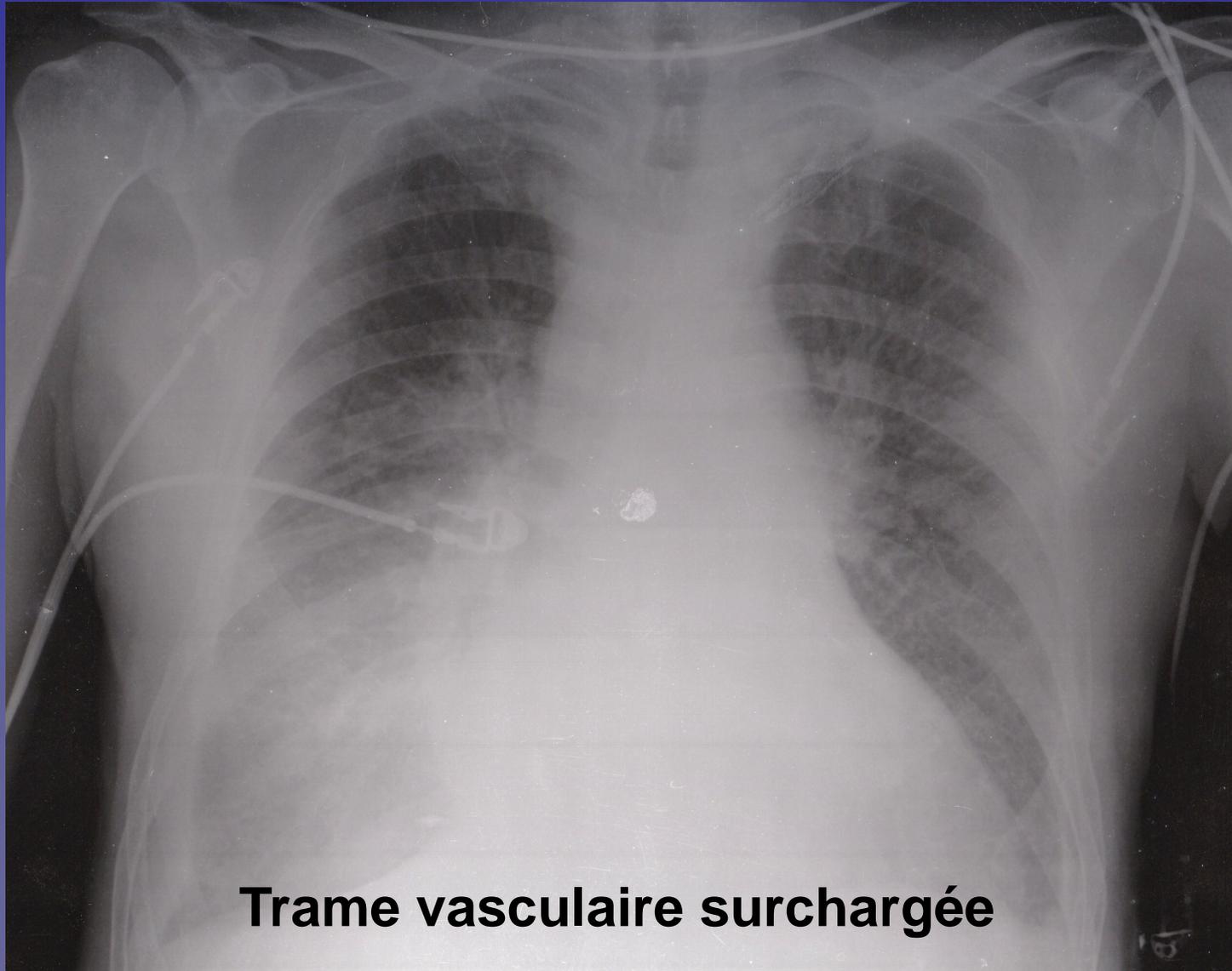


Clichés thoraciques



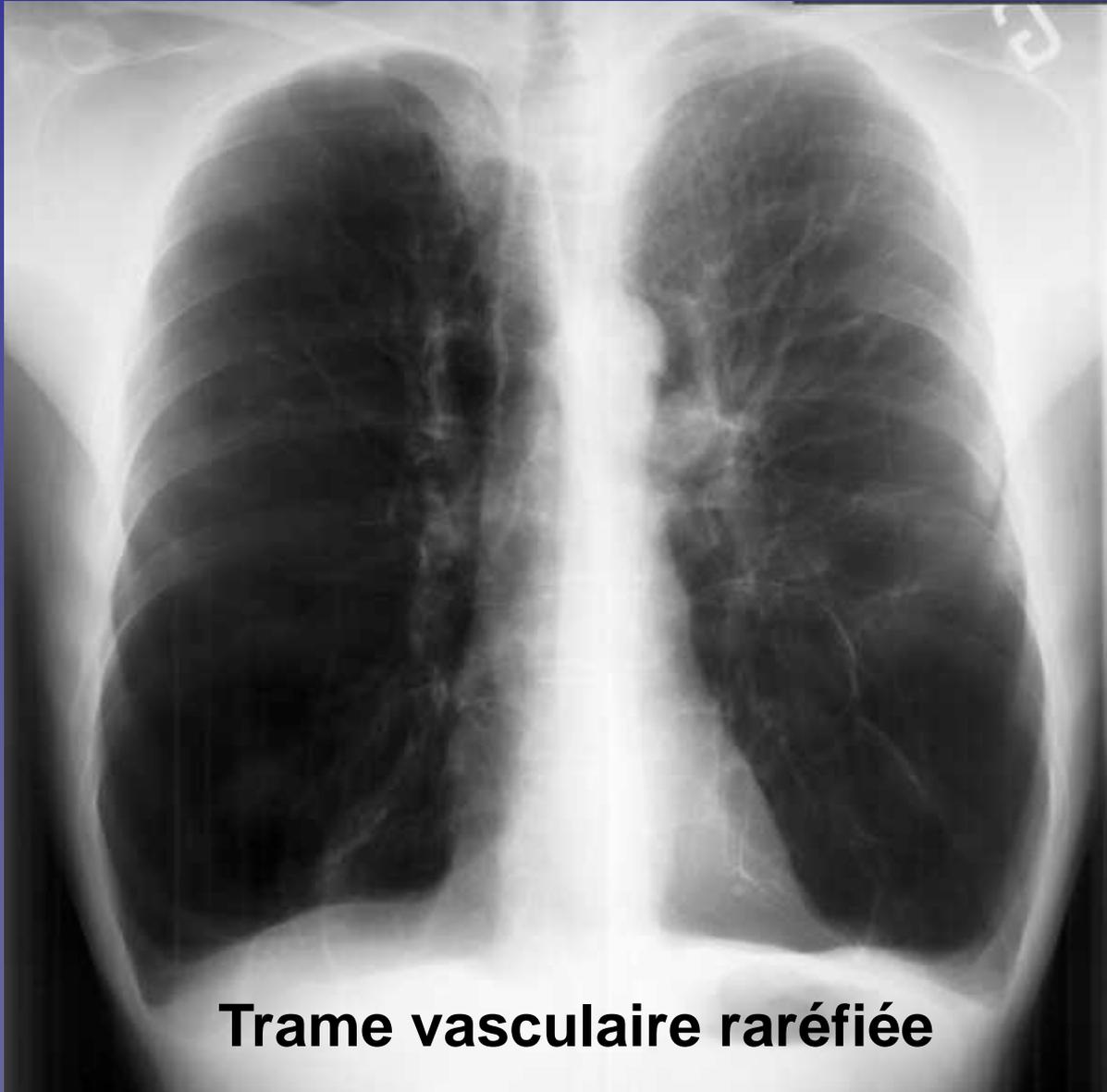
Normal

Clichés thoraciques

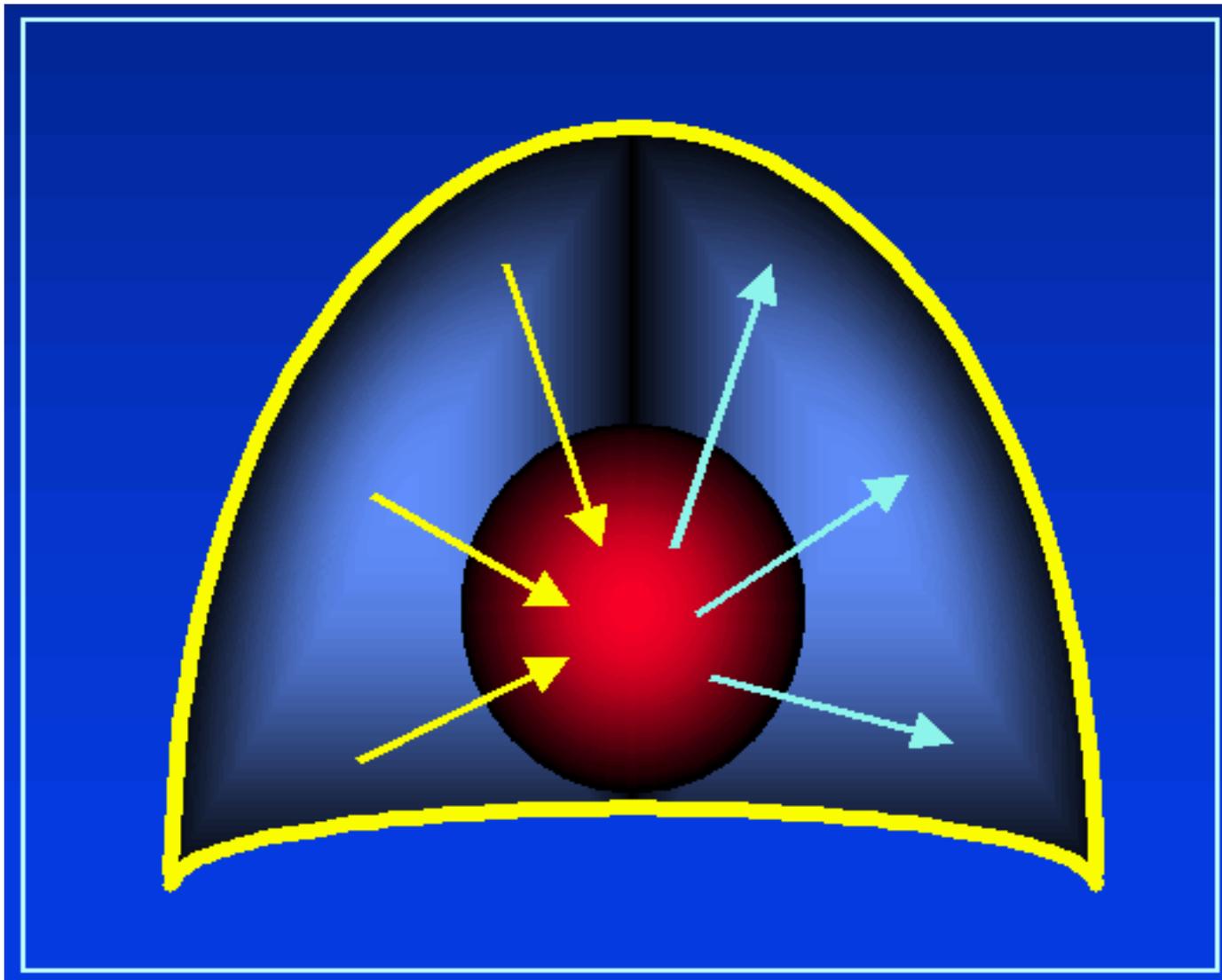


Trame vasculaire surchargée

Clichés thoraciques



Effets Hémodynamiques de la Ventilation

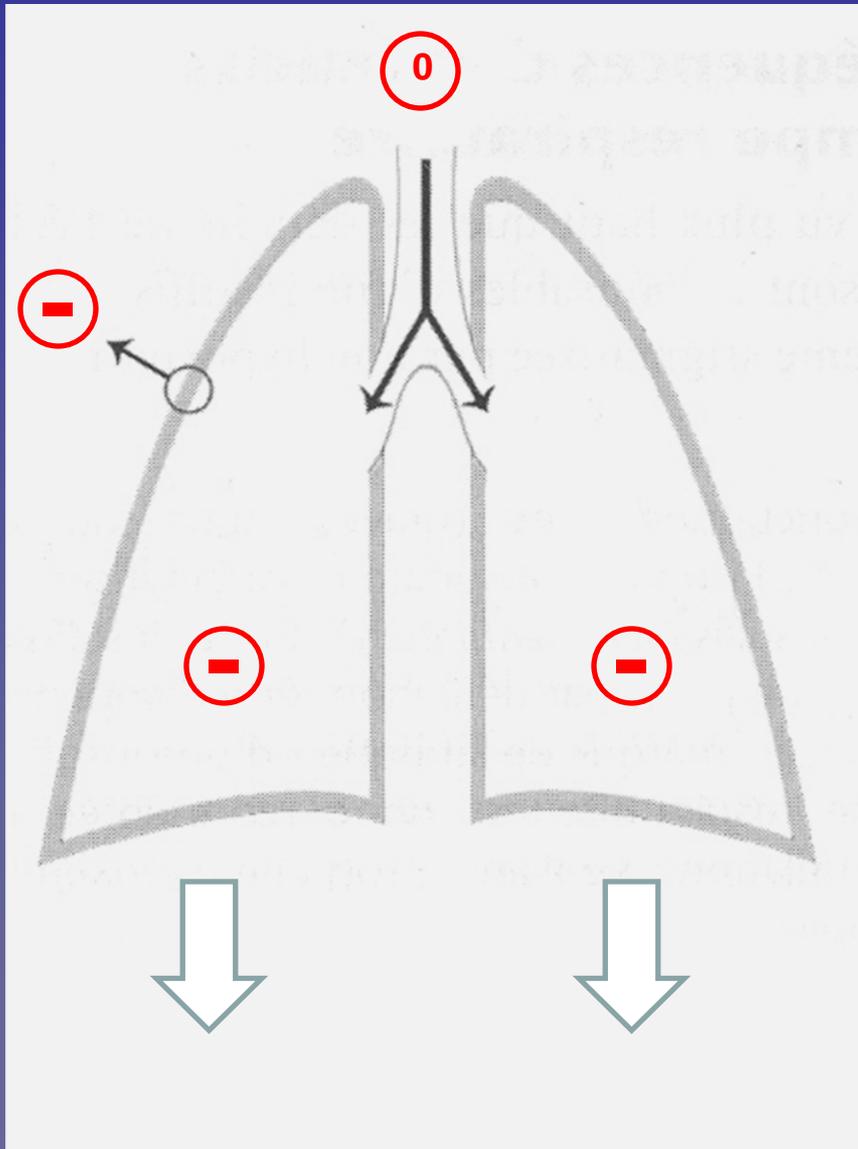


**« Le cœur travaille comme une pompe dans la pompe respiratoire »
Even P, Pulmonary Circulation, 1980**

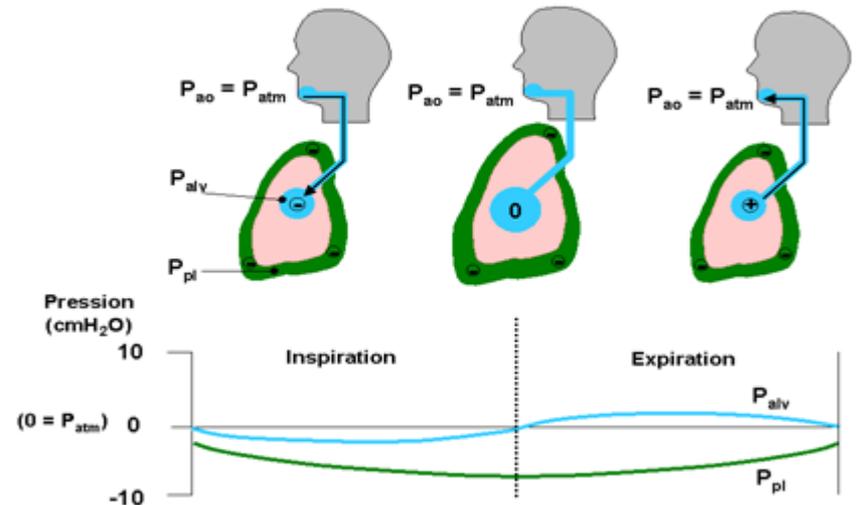
Ventilation spontanée

=

pression négative



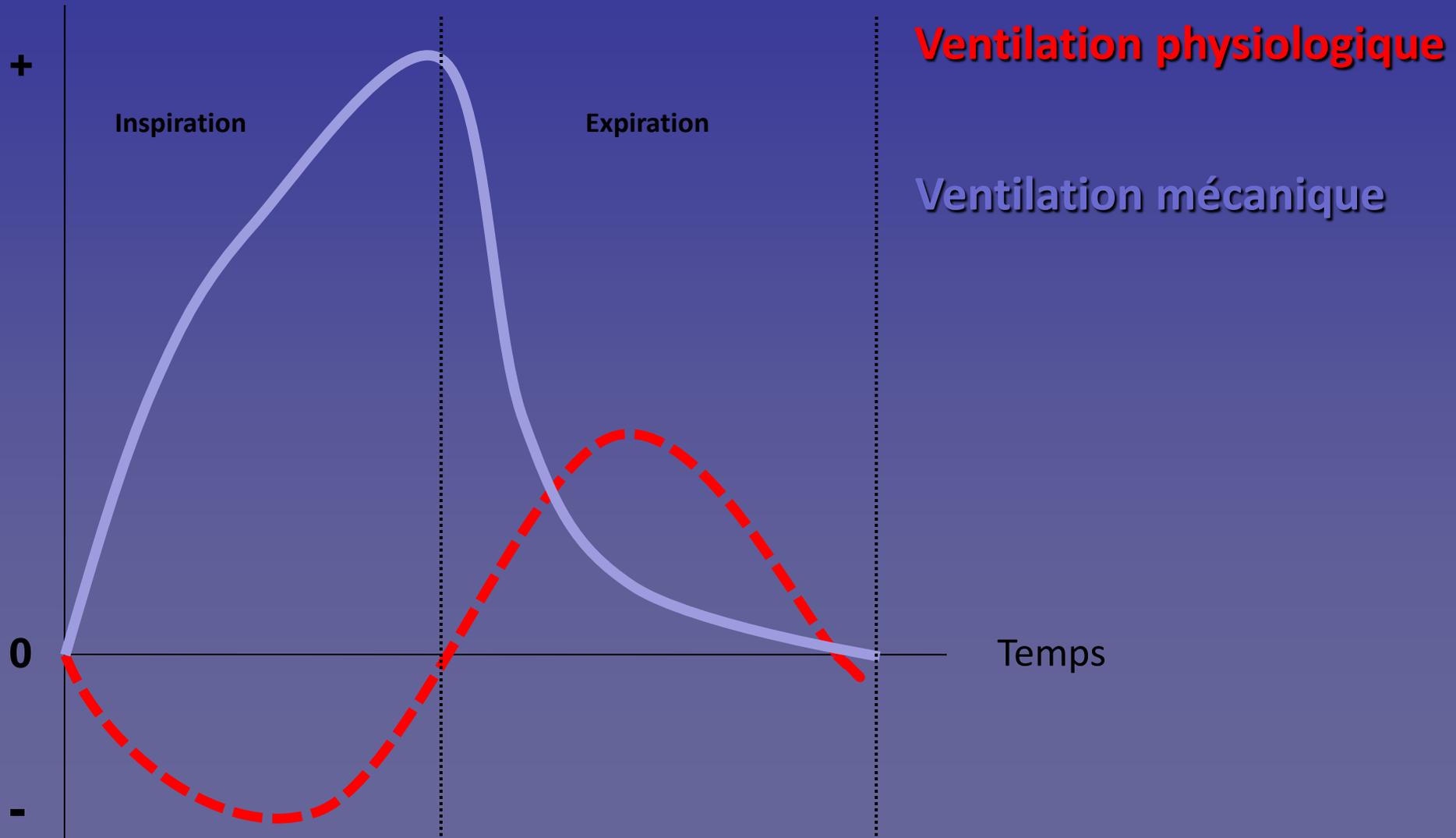
Variations des pressions intra-thoraciques en Ventilation spontanée



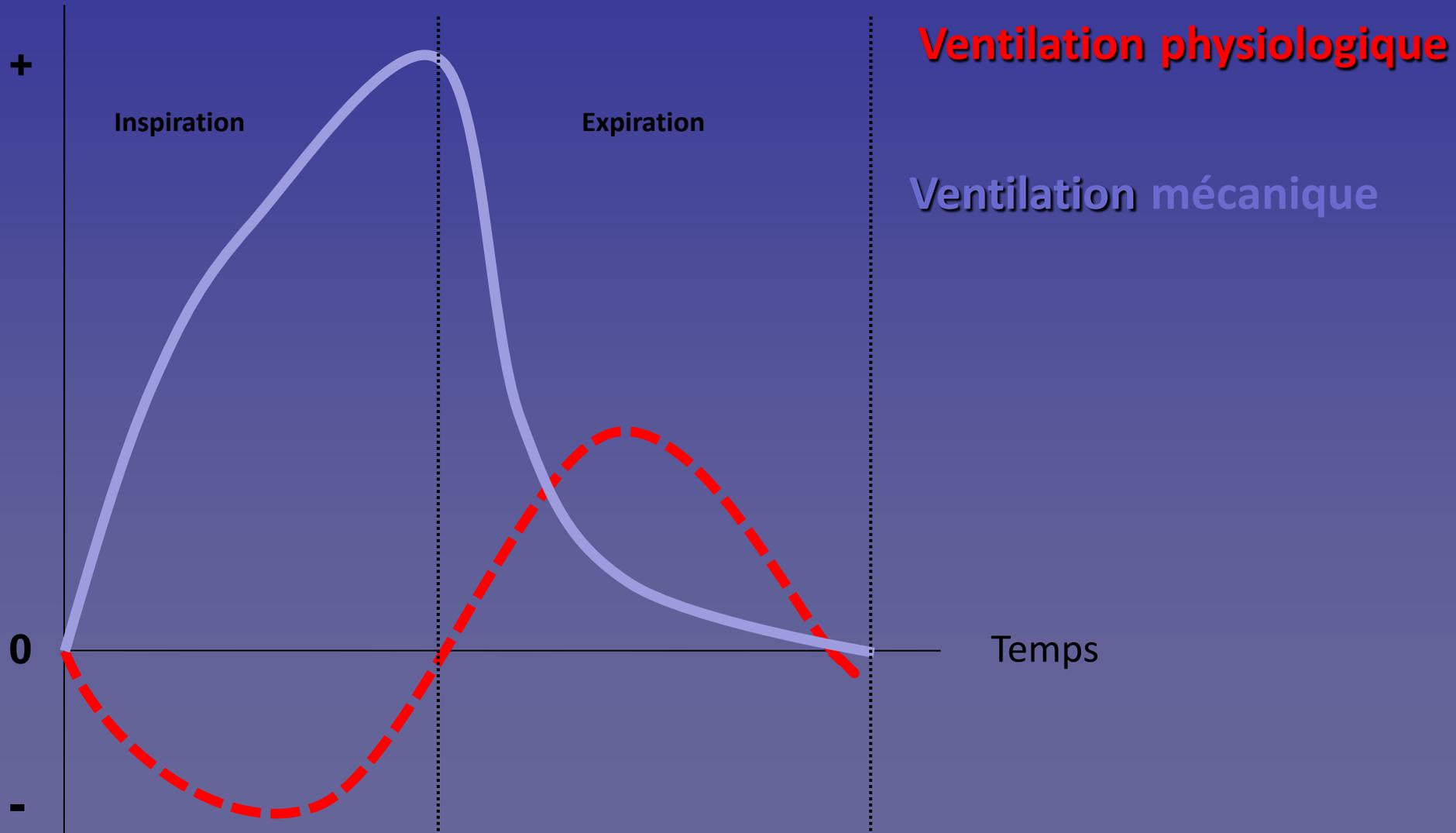
Favorise le retour veineux vers l'OD

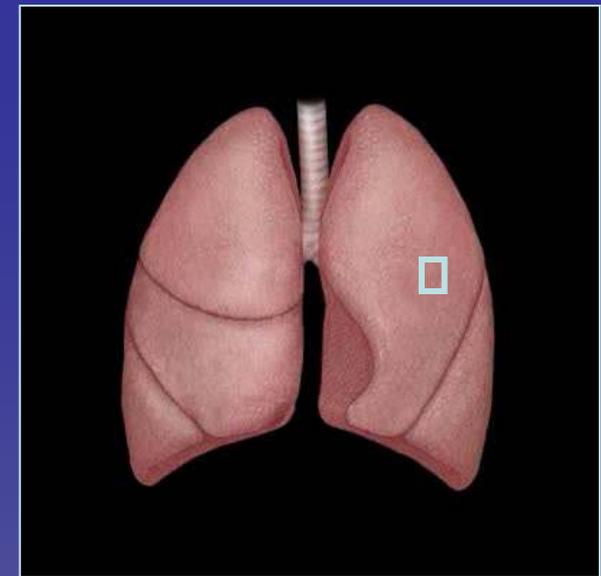
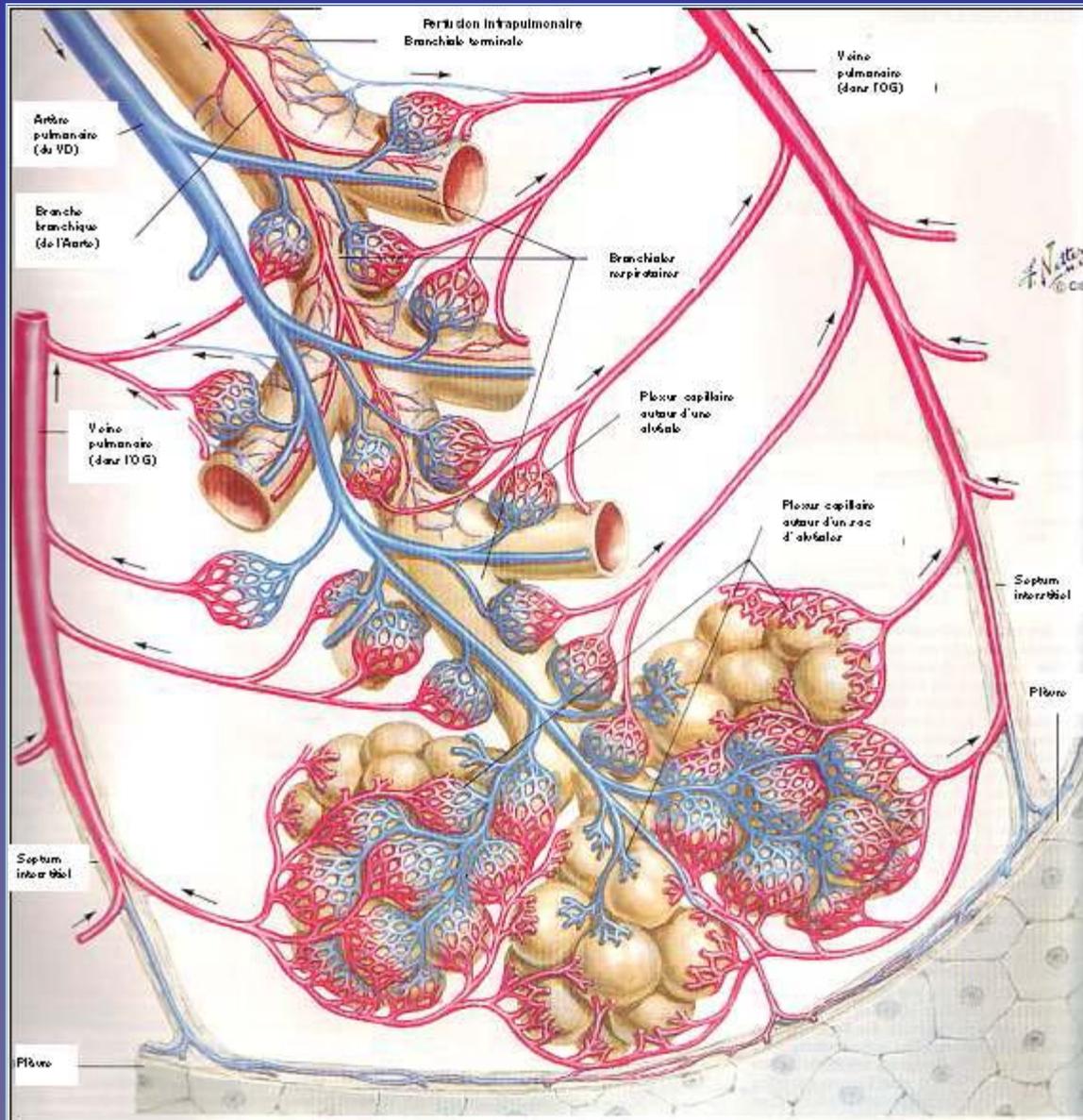
Ventilation Mécanique et Variations Respiratoires du Volume d'éjection Ventriculaire

Pression dans les voies aériennes



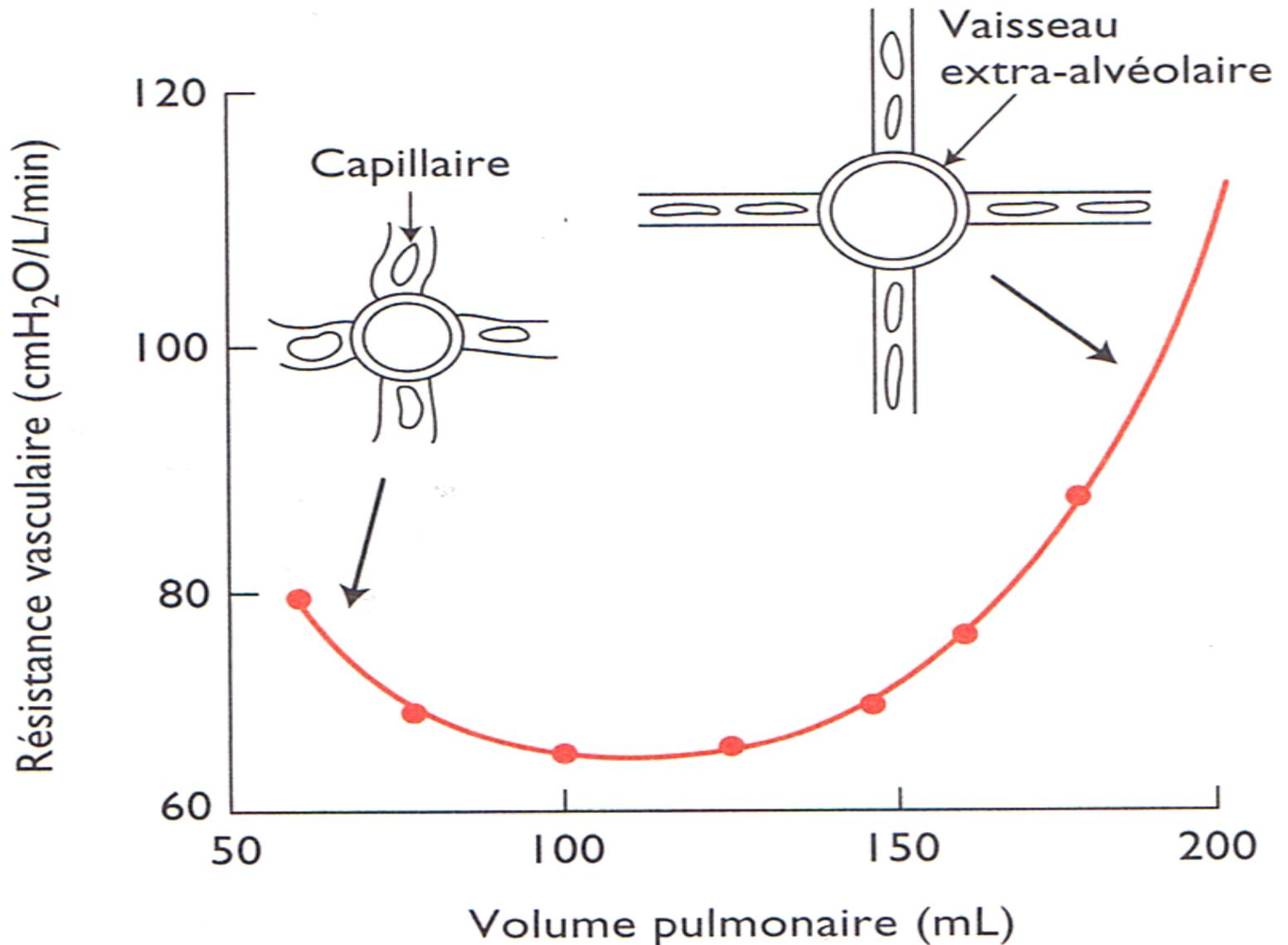
Pression dans les voies aériennes



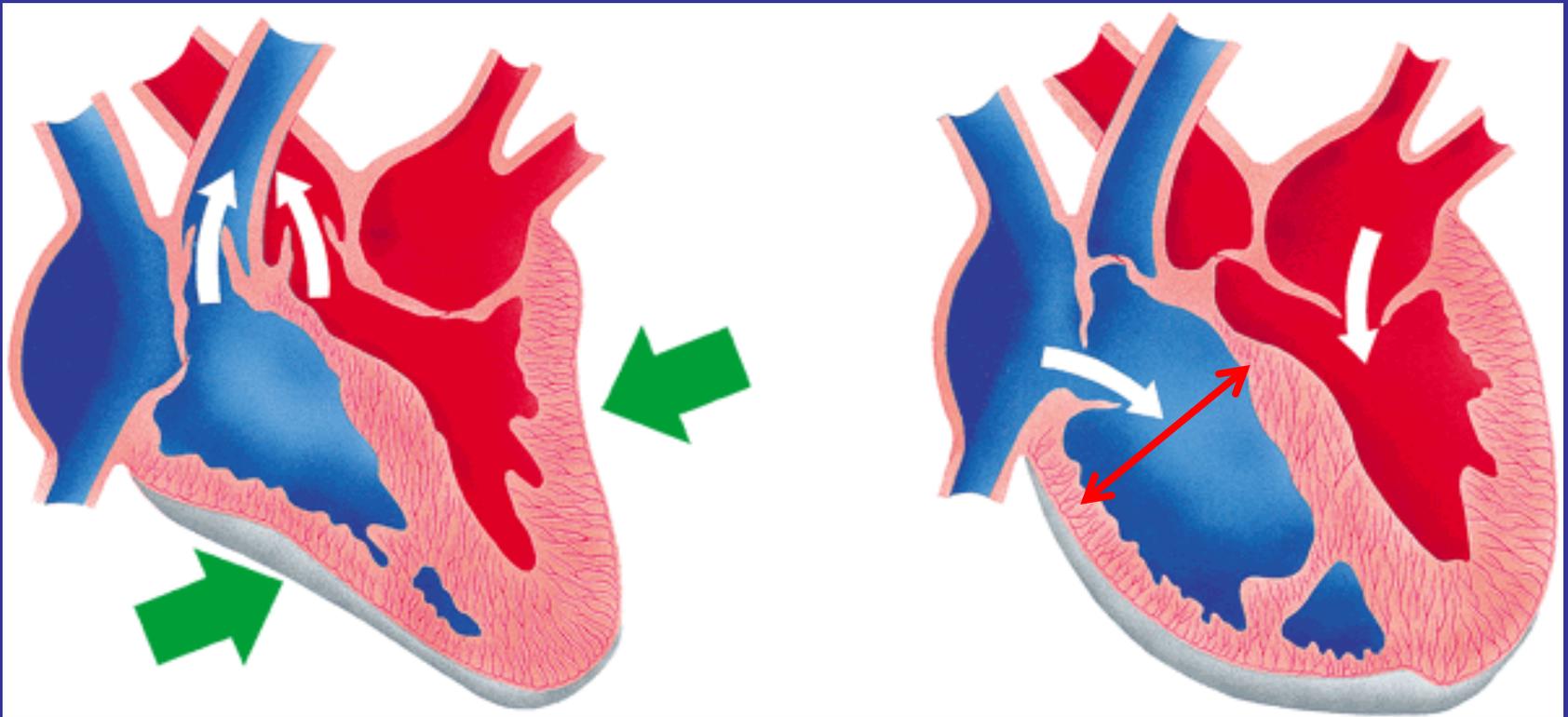


Vascularisation pulmonaire: distribution des vaisseaux pulmonaires (artère et veine pulmonaire) selon les unités fonctionnelles du poumon: lobes, bronches, bronchioles, alvéoles.

Pressions intra-thoraciques et Résistances Vasculaires Pulmonaires

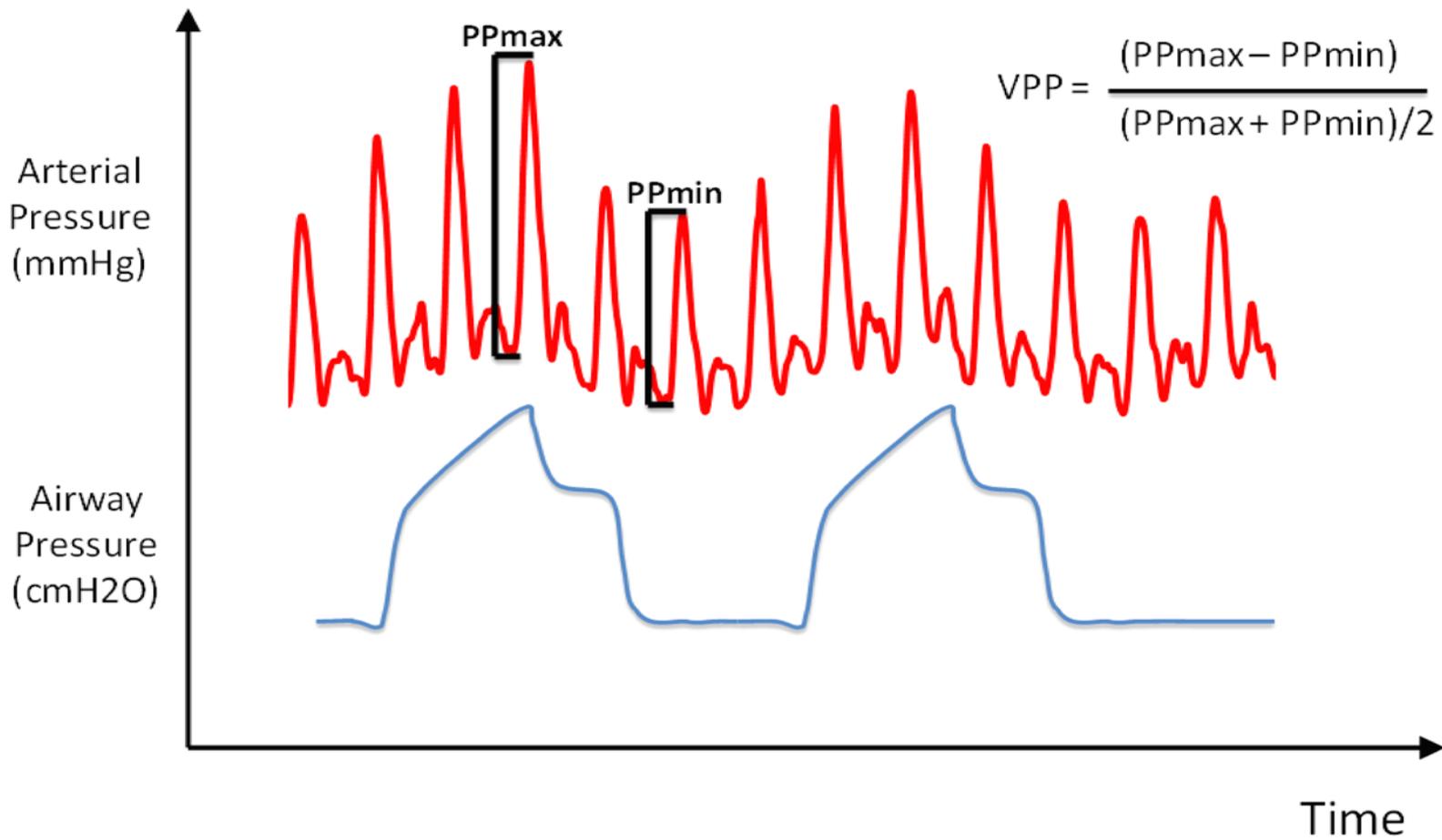


- **PRECHARGE** = volume des cavités cardiaques en fin de diastole



SYSTOLE

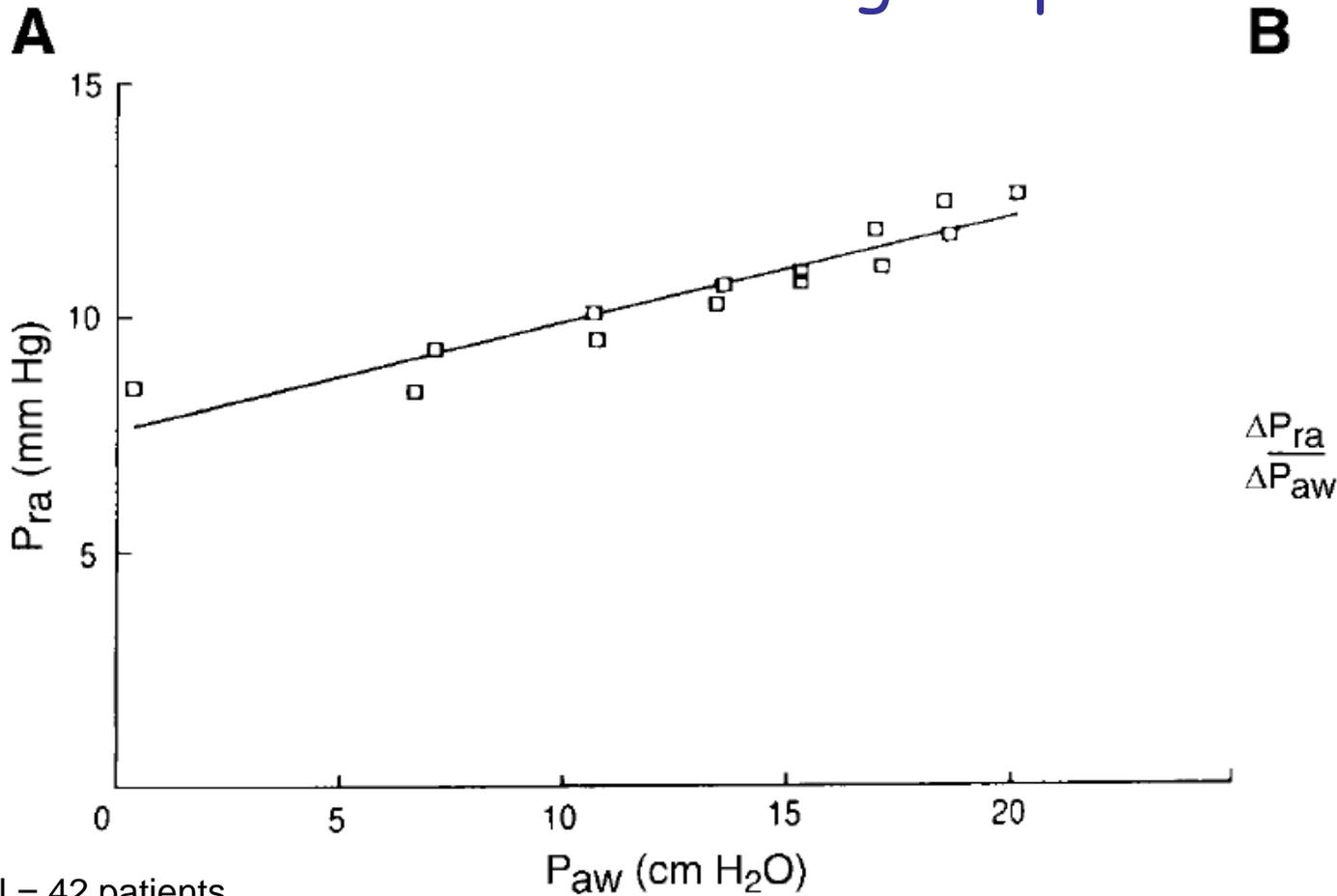
DIASTOLE



Effets de la VM en pression positive
et PEP sur la précharge VD

?

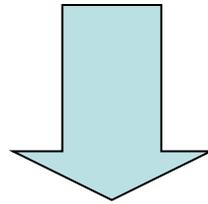
Effect of positive pressure on venous return in volume-loaded cardiac surgical patients



N = 42 patients
Chirurgie cardiaque
 P_{aw} de 0 à 20

Van den Berg et al. J Appl Physiol 92: 1223-1231, 2002.

Effets de la VM en pression positive
et PEP sur la précharge VD



Baisse de la précharge VD

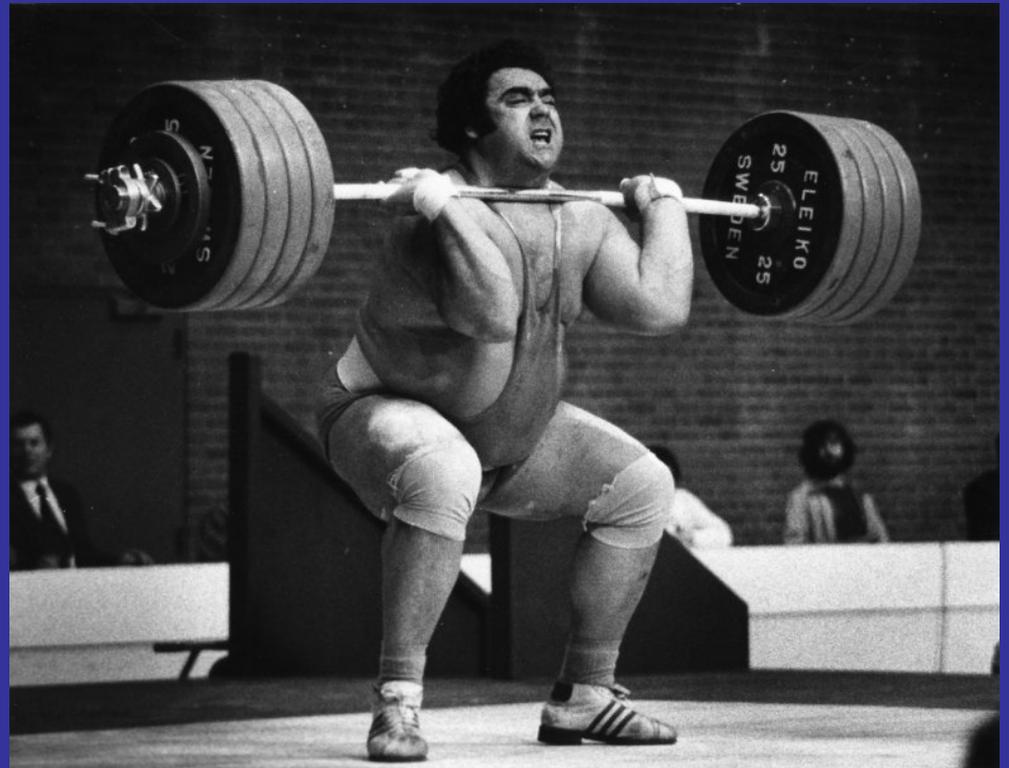
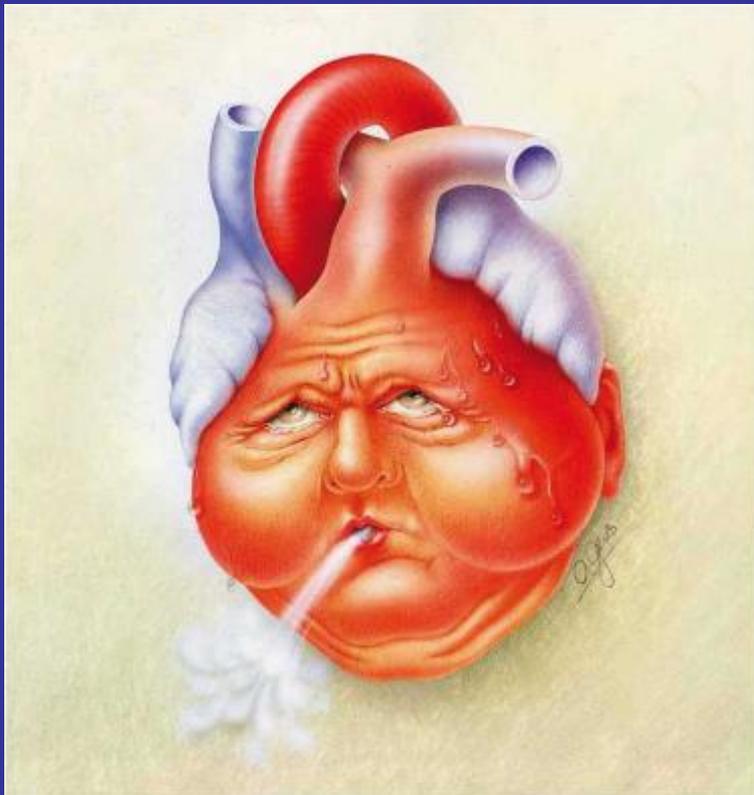
Effets de la VM en PP + PEP sur la post-charge VD

?

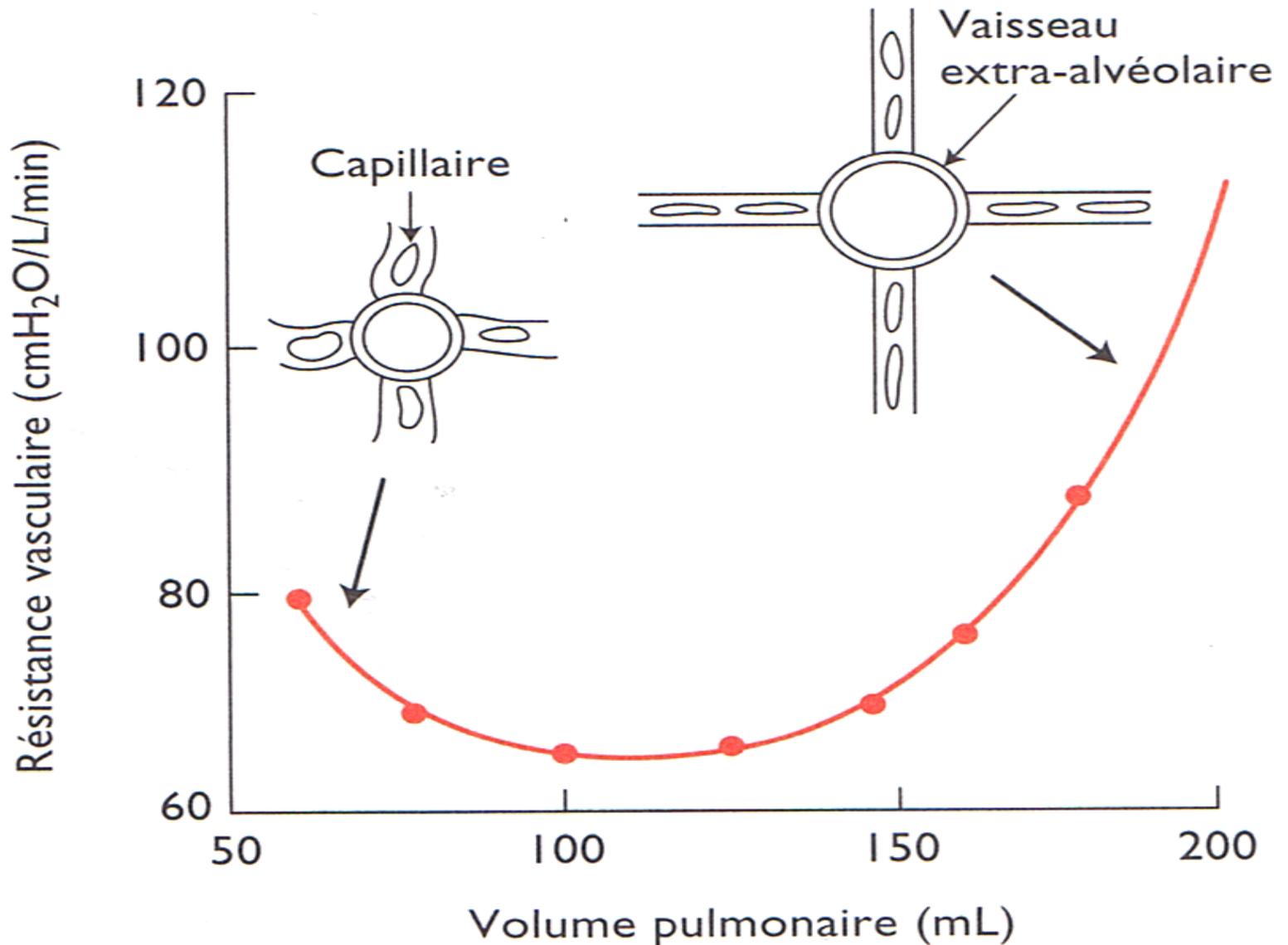
Post charge

=

contrainte à l'éjection ventriculaire



Pressions intrathoraciques et Résistances Vasculaires Pulmonaires



Ventilation Mécanique (pression positive) et Débit Sanguin Pulmonaire

Normal Physiology of the Respiratory System 75

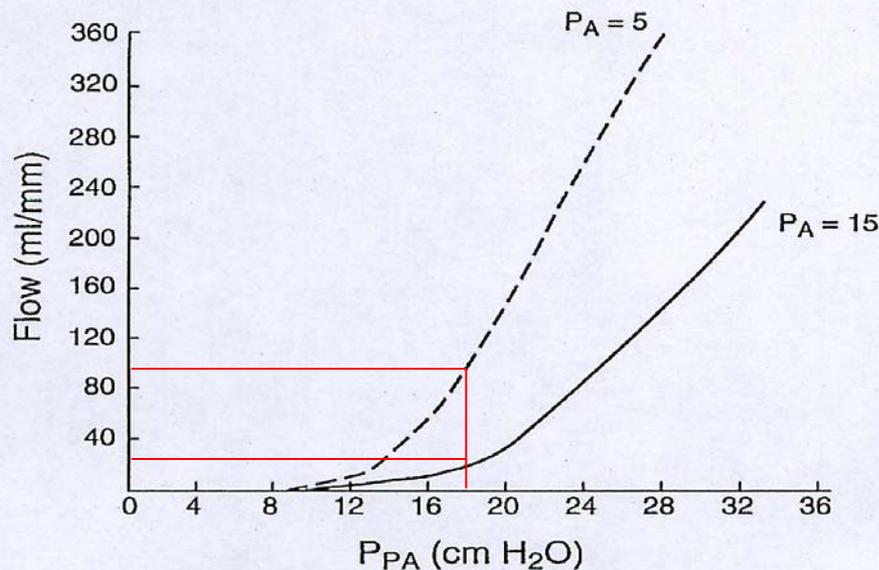
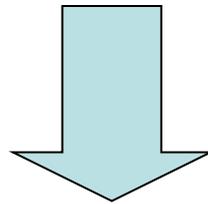


Figure 6.7. Normal pressure-flow relationships of an isolated lung at different static alveolar pressures. P_A, alveolar pressure; P_{pa}, pulmonary arterial pressures. (Adapted with permission from Graham R, Skoog C, Oppenheimer L, et al. Critical closure in the canine pulmonary vasculature. *Circ Res* 1982;50:566–572.)

Toute **pression positive excessive** (engendrant un Volume pulmonaire supérieur à la CRF) **diminue le débit sanguin pulmonaire (Q_s)**

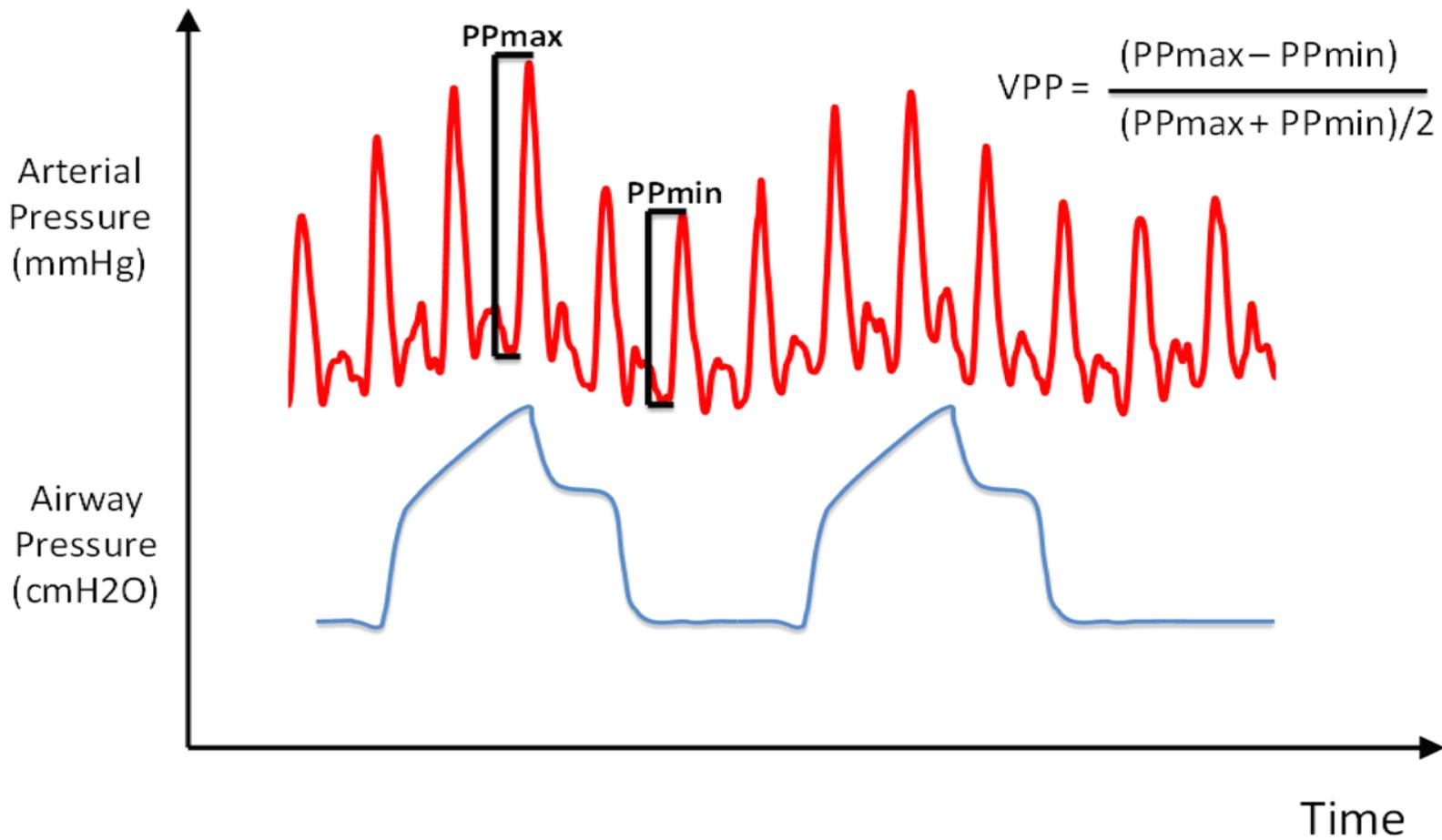
Effets de la VM en PP + PEP sur la post-charge VD



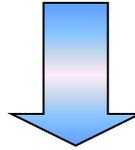
Augmentation post-charge VD

Effets de la VM en PP + PEP sur la pré-charge VG

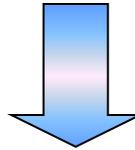
?



**Insufflation
mécanique**

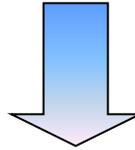


Précharge VD



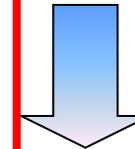
Ejection VD

à l'inspiration



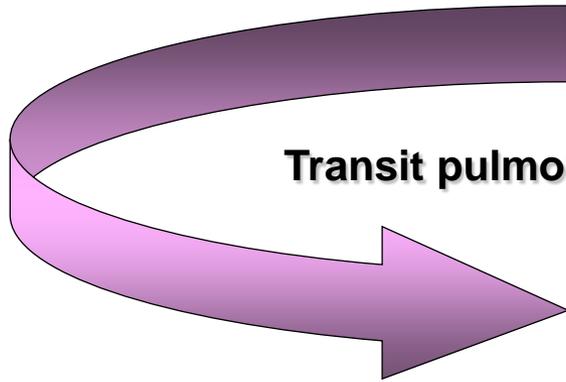
Précharge VG

2 à 3 cycles cardiaques
plus tard

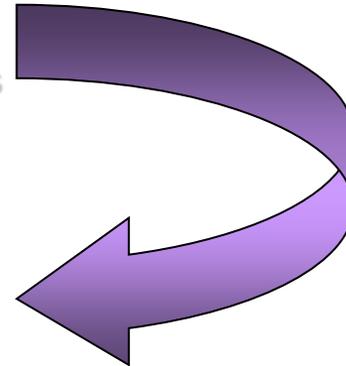
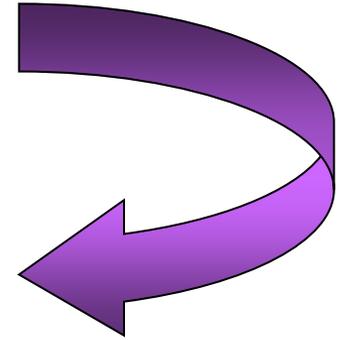


Ejection VG

à l'expiration

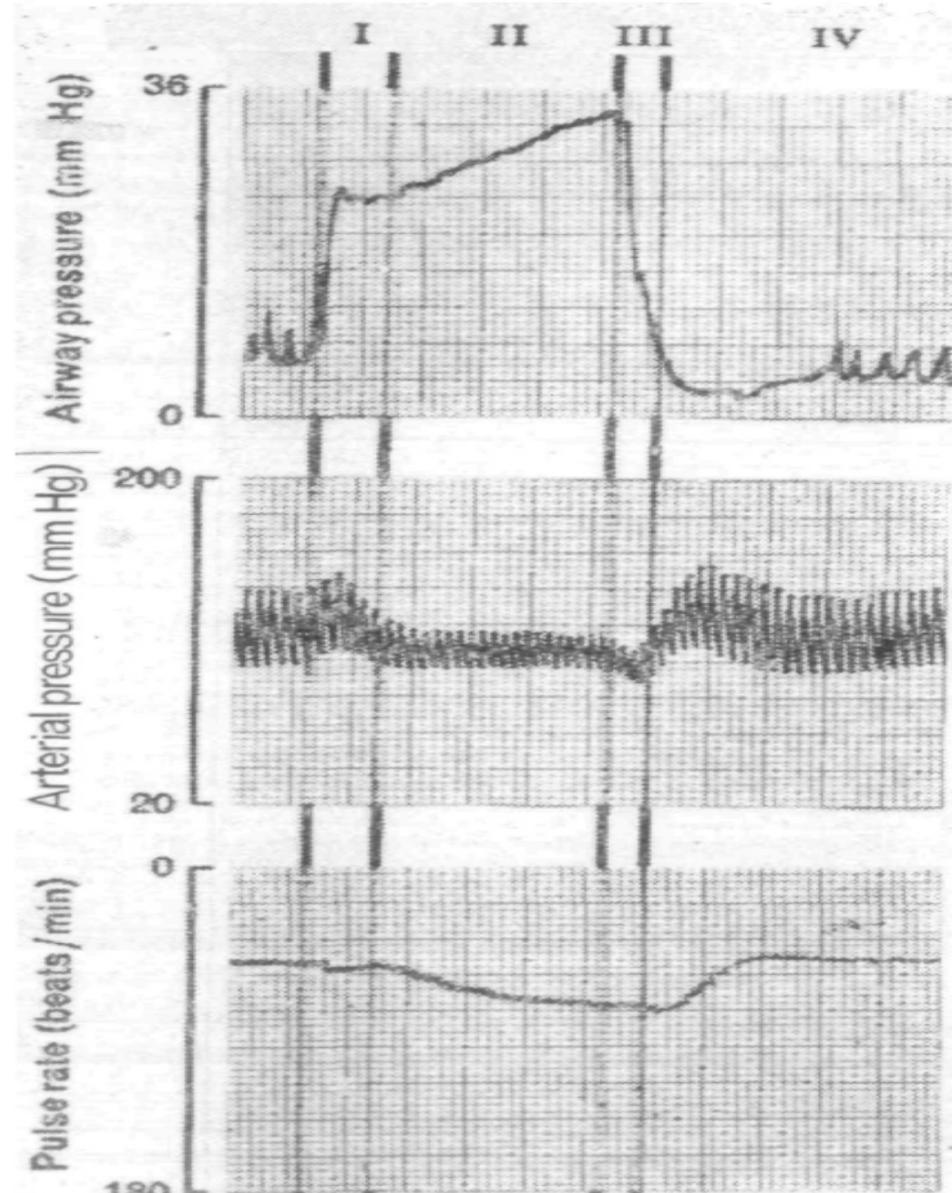


Transit pulmonaire

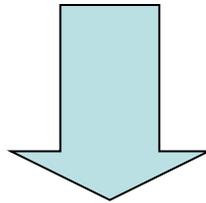


HAEMODYNAMIC EFFECTS OF PULMONARY VENTILATION

C. M. CONWAY



Effets de la VM en PP + PEP sur la pré-charge VG



Diminution de la pré-charge VG

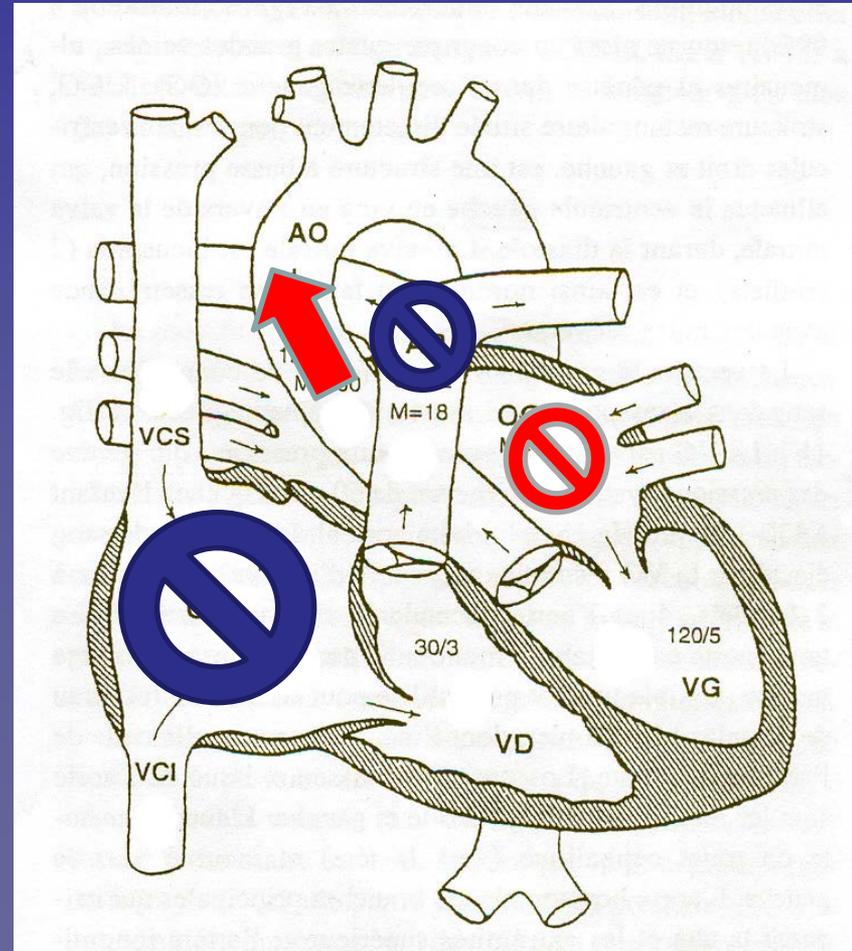
Temps de transit pulmonaire = 3 battements environ

Pression positive et fonction cardiaque

- ↓ précharge droite
- ↑ postcharge droite
- ↓ précharge gauche
- ↓ postcharge gauche

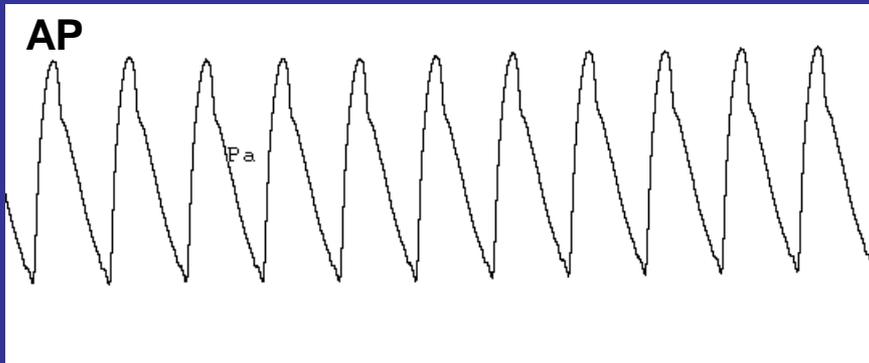
- Effet + sur le VG
- Effet – sur le VD

- **Effet PEEP +++**



Interactions Cardiopulmonaires

“Plus un ventricule est sensible à la précharge, plus les variations de précharge induites par la ventilation en pression positive vont retentir sur son volume d'éjection.”

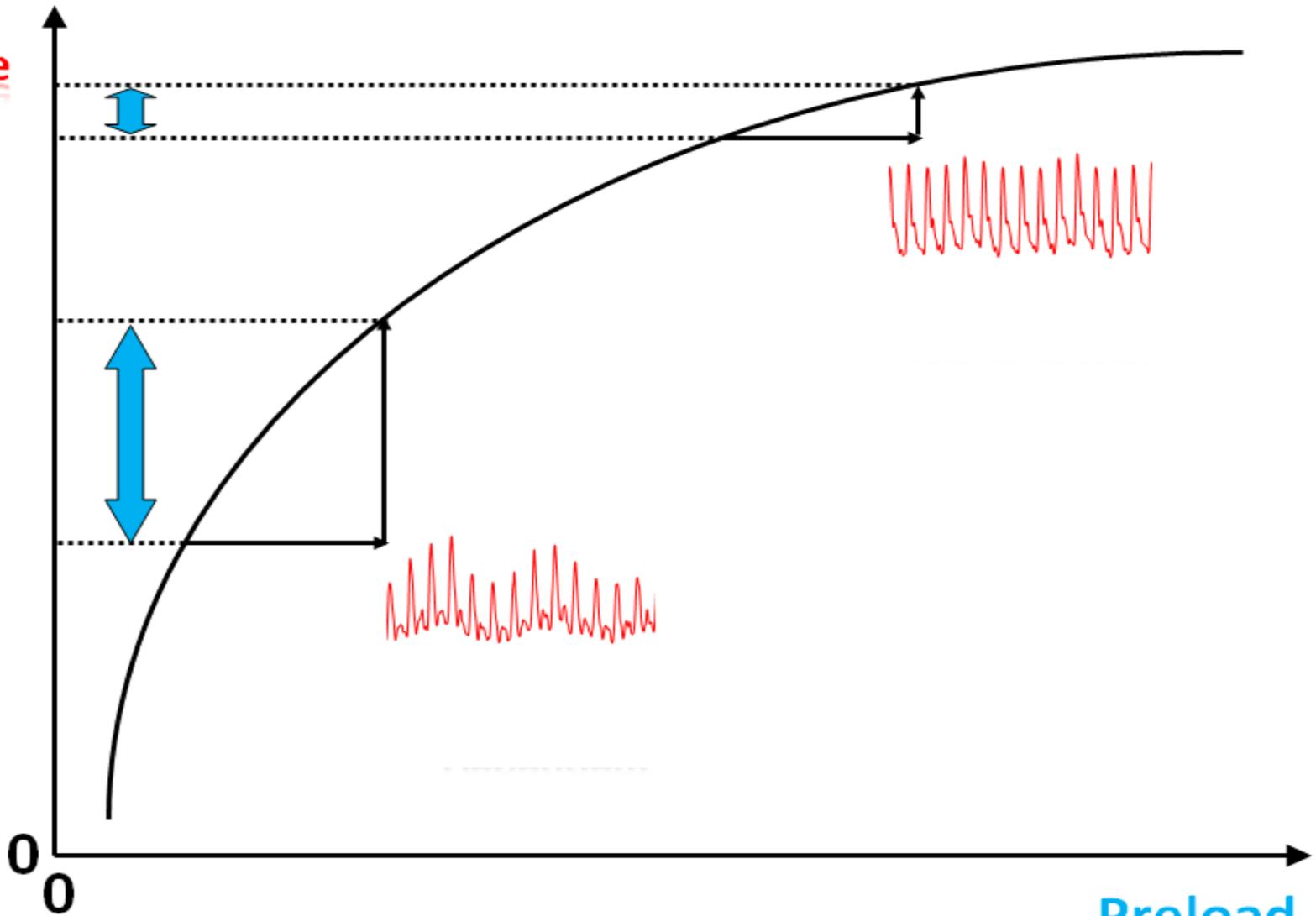


Précharge Indépendant



Précharge Dépendant

**Stroke
Volume**



Preload

Variabilité hémodynamique en pression négative

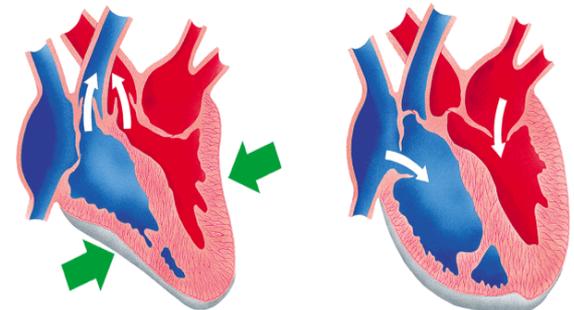
Pouls paradoxal de Kussmaul dans la crise d'asthme

Amplification des variation respiratoire du débit sanguin gauche

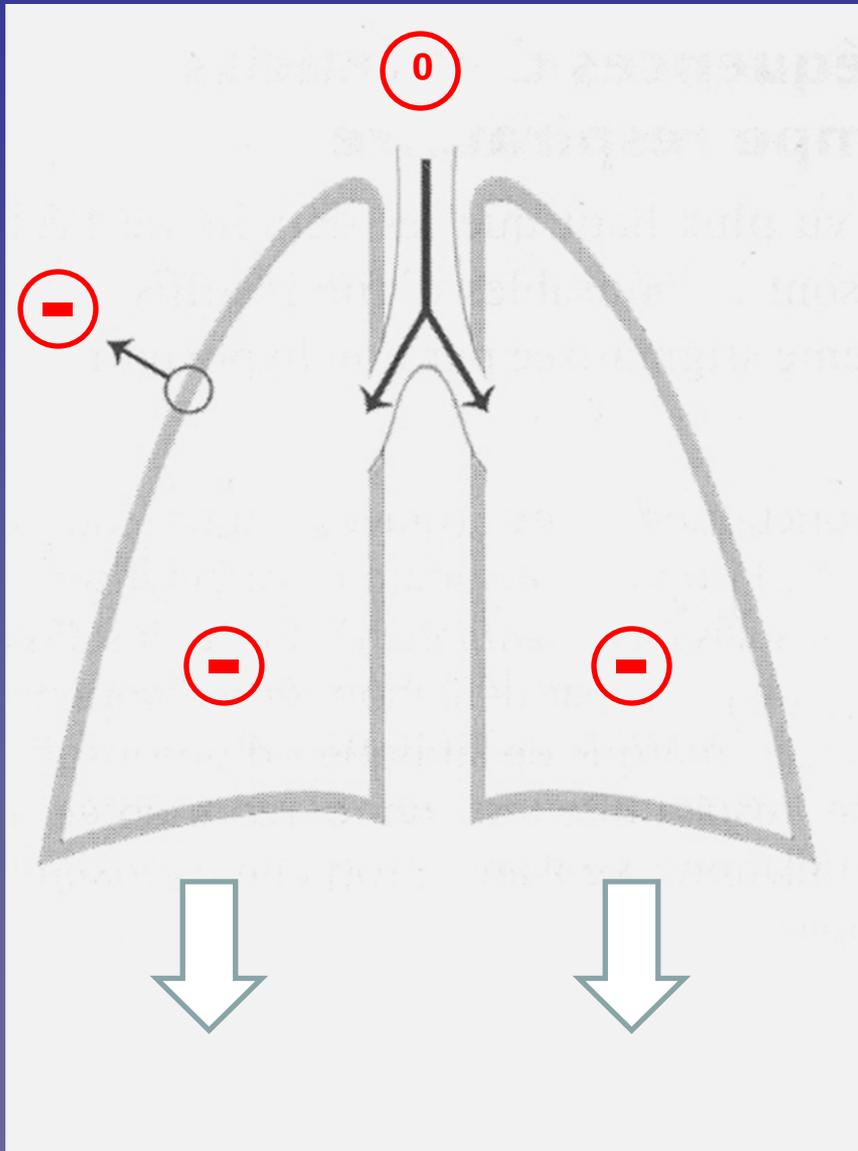


Pression intra
thoracique $\lll 0$
Afflux sang VD avec
septum paradoxal et
baisse remplissage du VD
par les veines pulm.

jusqu' à l' adiestolie VG

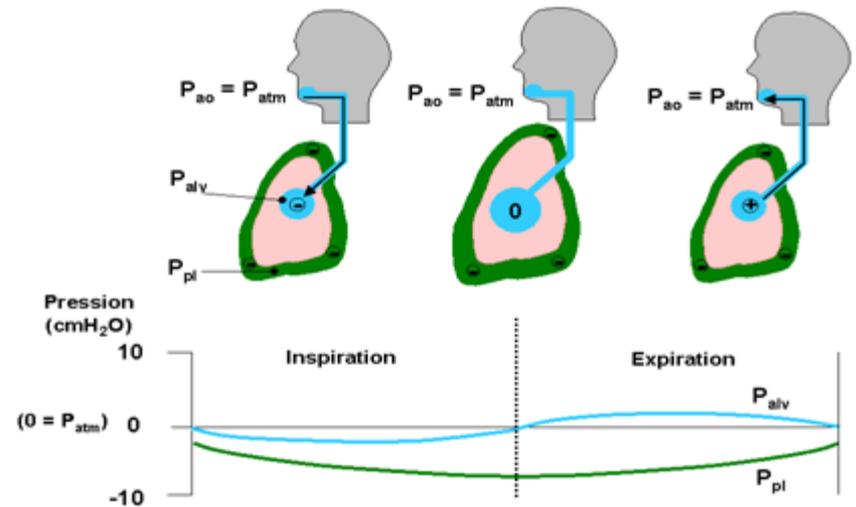


Kinésithérapie respiratoire



Ventilation spontanée

Variations des pressions intra-thoraciques en Ventilation spontanée



Favorise le retour veineux vers l'OD

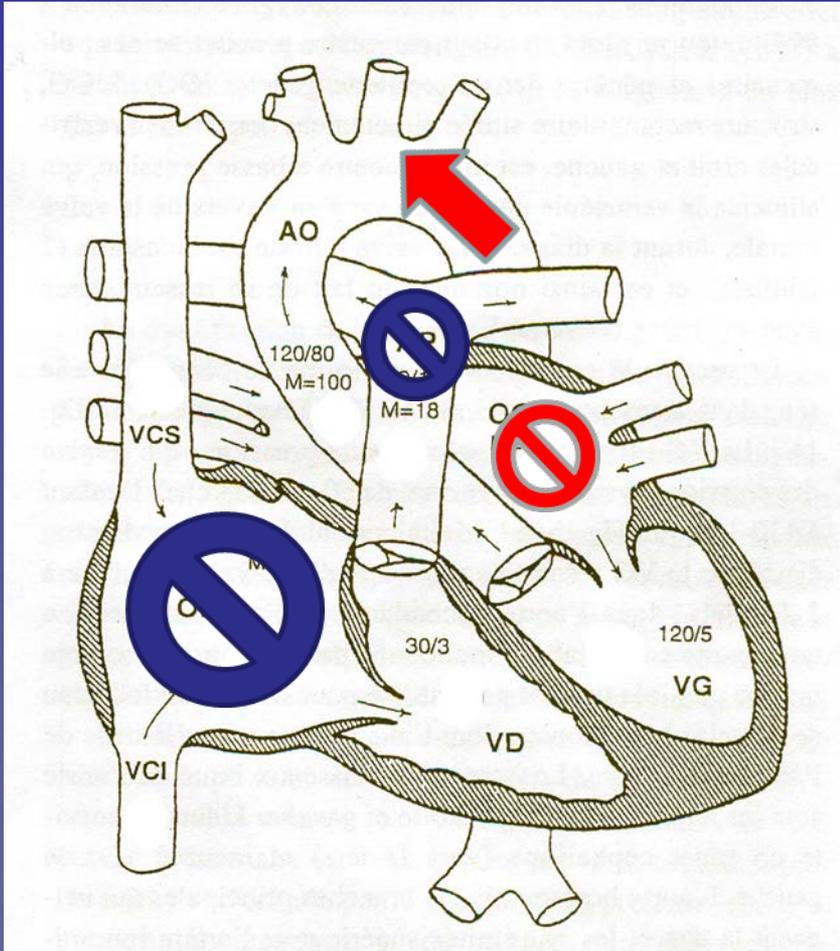
Kinésithérapie respiratoire

Manœuvres inspiratoires et expiratoires



Contraintes sur le VD

La toux



Effet négatif ++

Kinésithérapie respiratoire

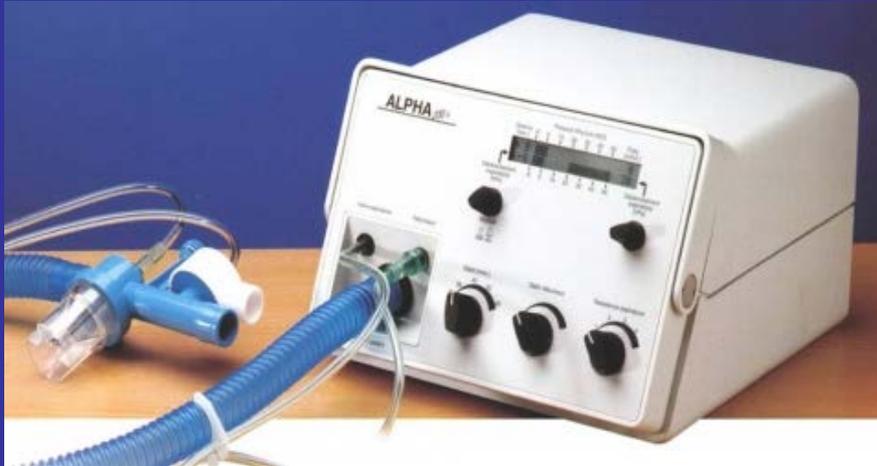
**Amélioration de l'oxygénation
de la ventilation**



**Diminution des résistances vasculaires pulmonaires
(effet vasodilatateur + diminution de l'effet shunt)**

Augmentation de l'oxygénation myocardique

Pression positive intra-thoracique



Relaxateurs de pression



VNI et CPAP (niveau de PEEP ++)

Pression négative intra-thoracique



Exsufflateurs



Hypovolémie et Hypotension

Illustration 1/

utilisation des interactions cardiorespiratoires

pour l'optimisation du débit cardiaque

dans les états de choc

Relation between Respiratory Changes in Arterial Pulse Pressure and Fluid Responsiveness in Septic Patients with Acute Circulatory Failure

FRÉDÉRIC MICHARD, SANDRINE BOUSSAT, DENIS CHEMLA, NADIA ANGUEL, ALAIN MERCAT, YVES LECARPENTIER, CHRISTIAN RICHARD, MICHAEL R. PINSKY, and JEAN-LOUIS TEBOUL

Am J Respir Crit Care Med 2000; 162:134-138

$$\Delta PP = \frac{PP_{\max} - PP_{\min}}{(PP_{\max} + PP_{\min}) / 2}$$

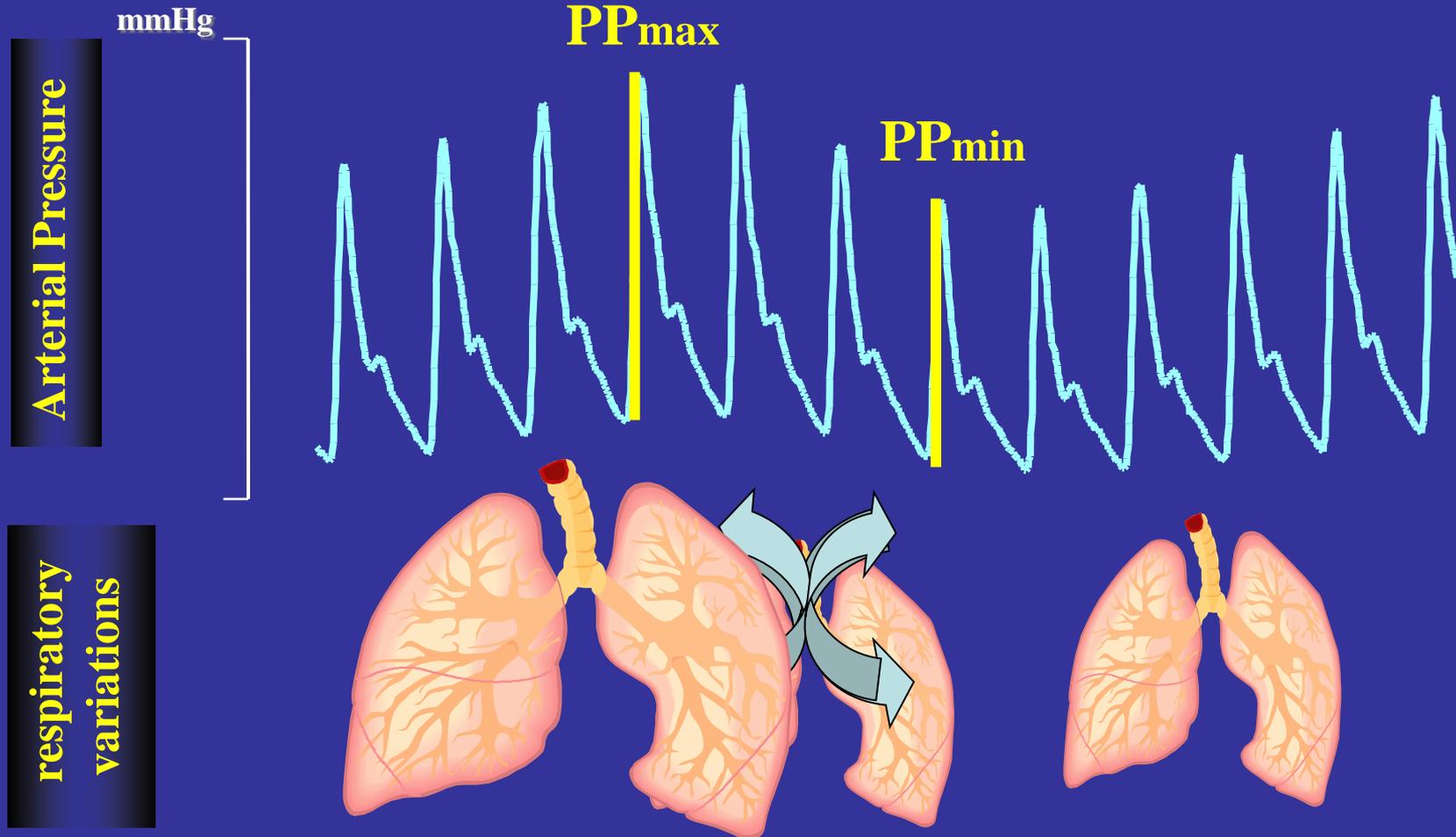
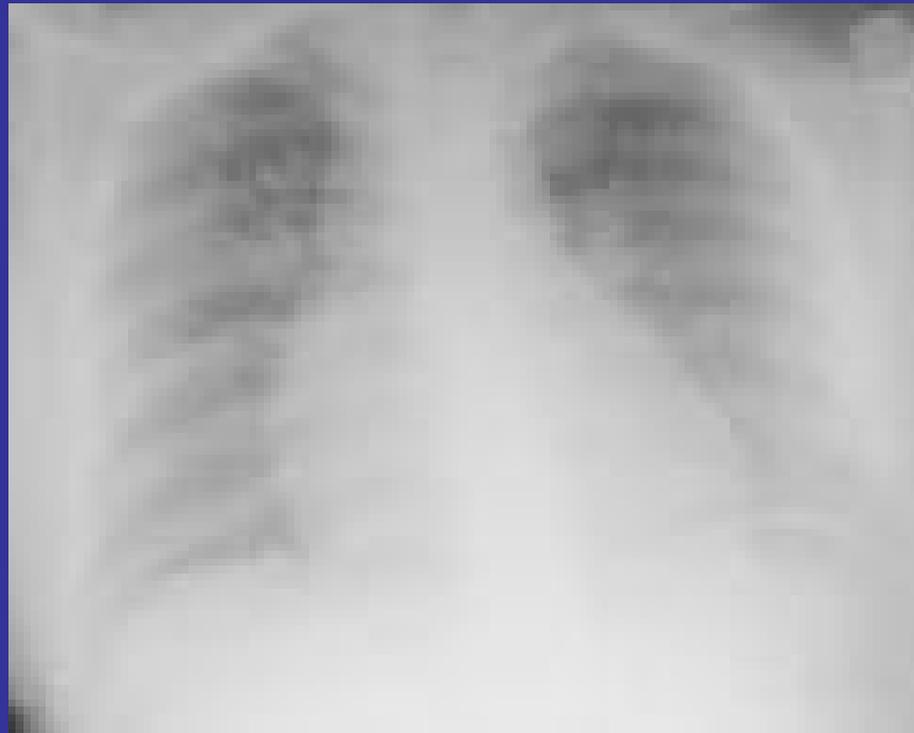


Illustration 2/

Effets de la PEP sur le Qc

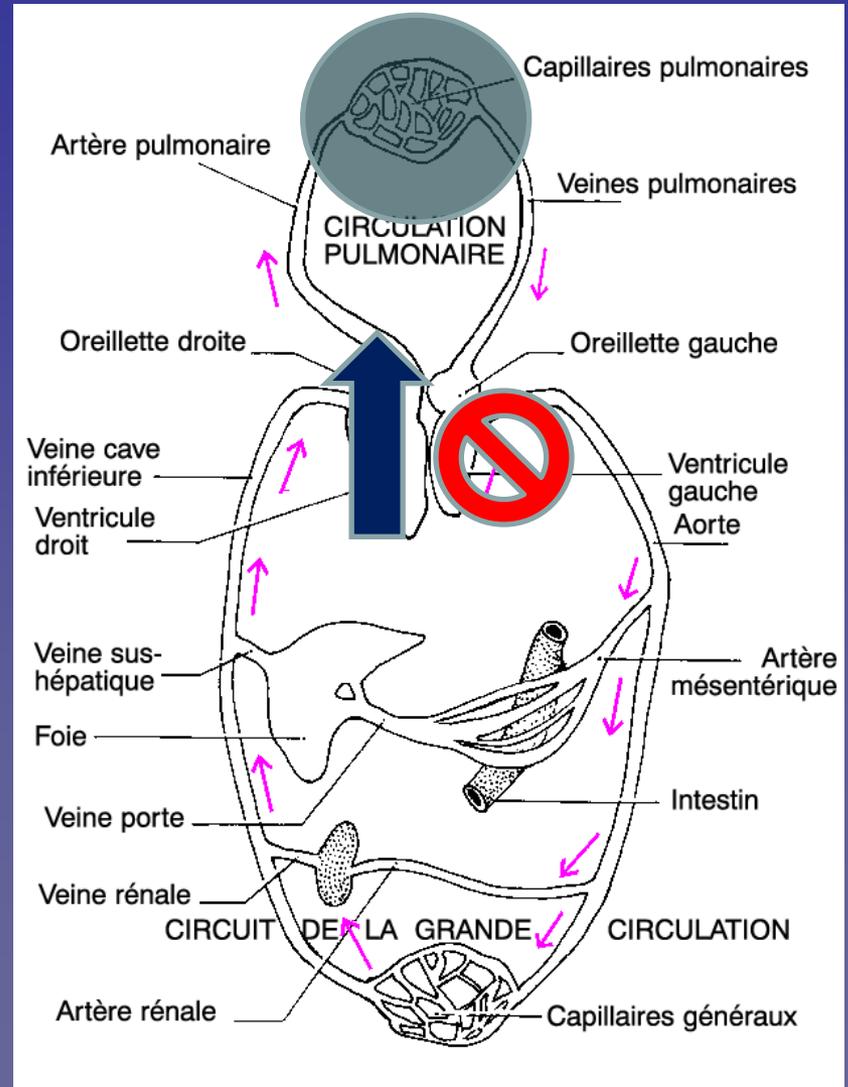
- Exemple de l' OAP: amélioration de la SaO2 par CPAP



OAP

Résulte d'une défaillance
aigue du VG

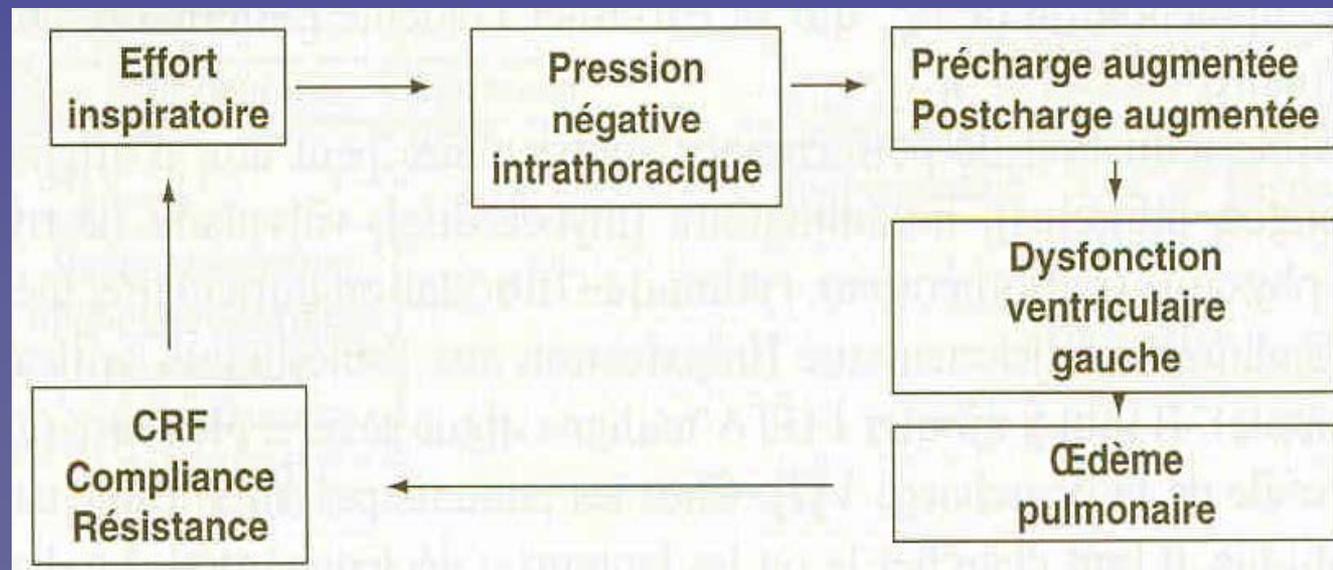
- ❑ ↑ P hydrostatique dans les capillaires pulmonaires
- ❑ Accumulation de liquide périvasculaire
- ❑ Eau libre intrapulmonaire
- ❑ Asthme cardiaque (!)



OAP

- ❑ Baisse de la compliance pulmonaire
- ❑ Augmentation du travail musculaire respiratoire
- ❑ Hypoxie / Hypercapnie
- ❑ Dyspnée

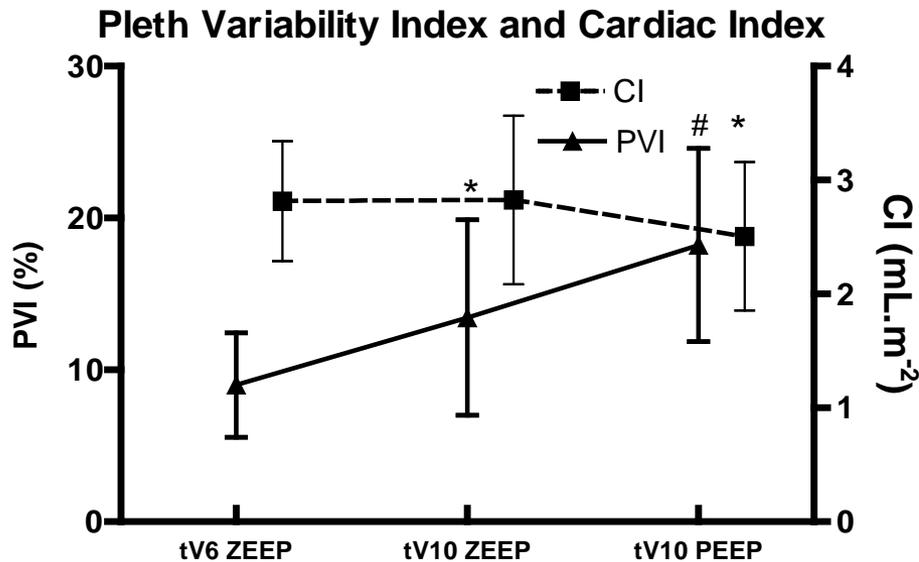
➤ Cercle vicieux



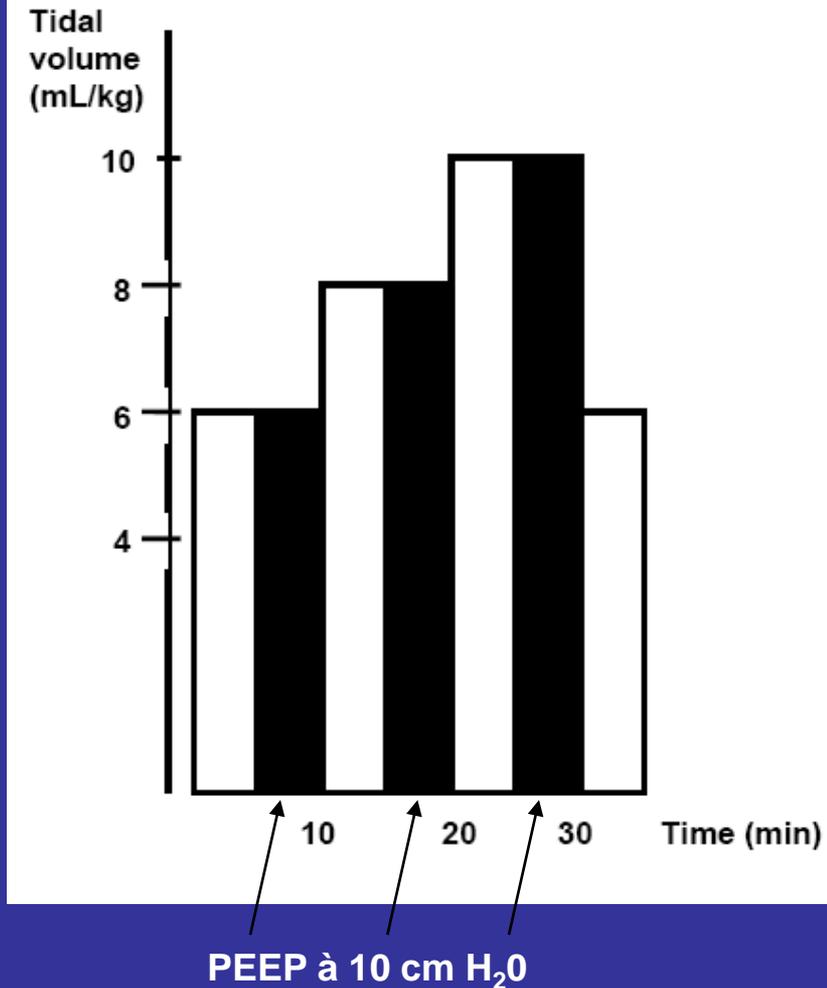
Kinésithérapie respiratoire peu indiquée voire délétère

Illustration 3/

Effets Hémodynamiques de la PEP et du Vt



PVI: * $p < 0.05$ with anterior measure
IC #: $p < 0.05$ with anterior measure



Pleth Variability Index and Cardiac Index

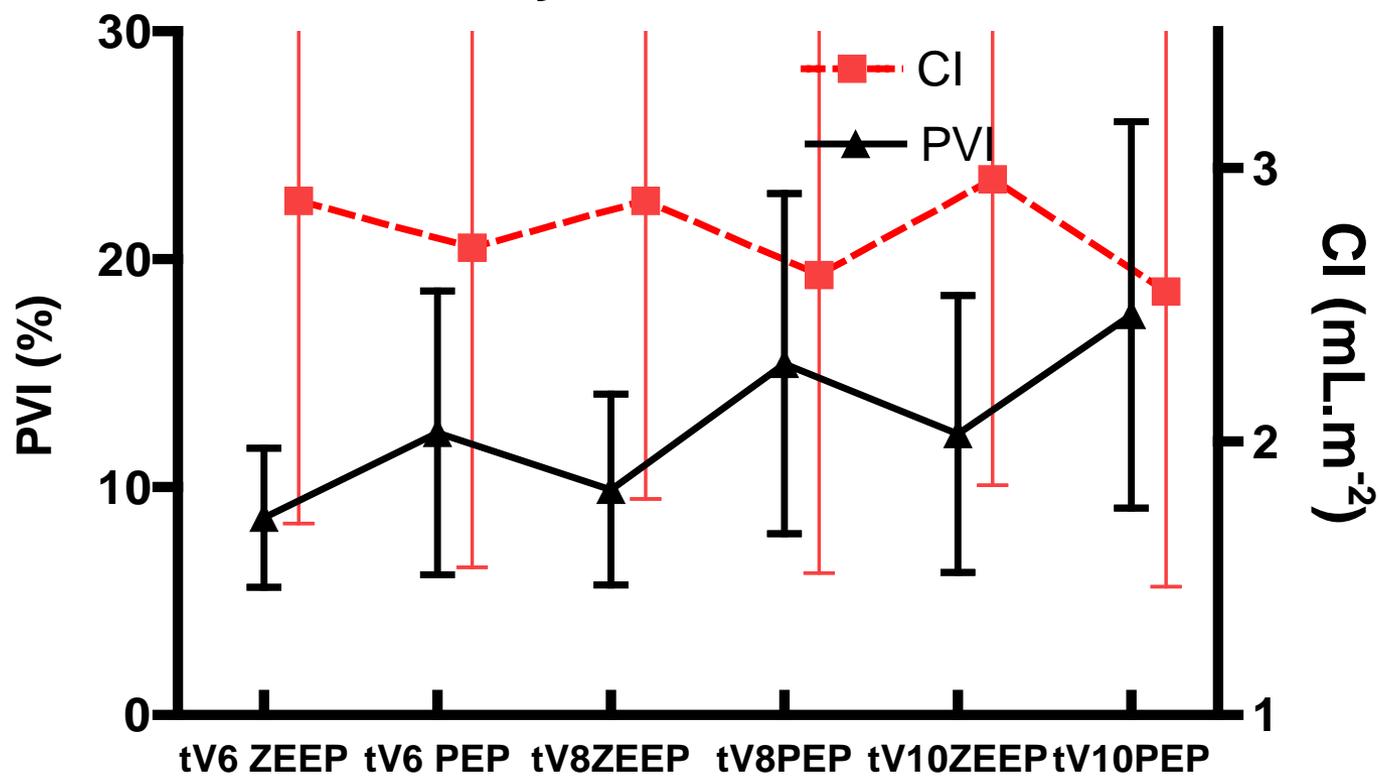
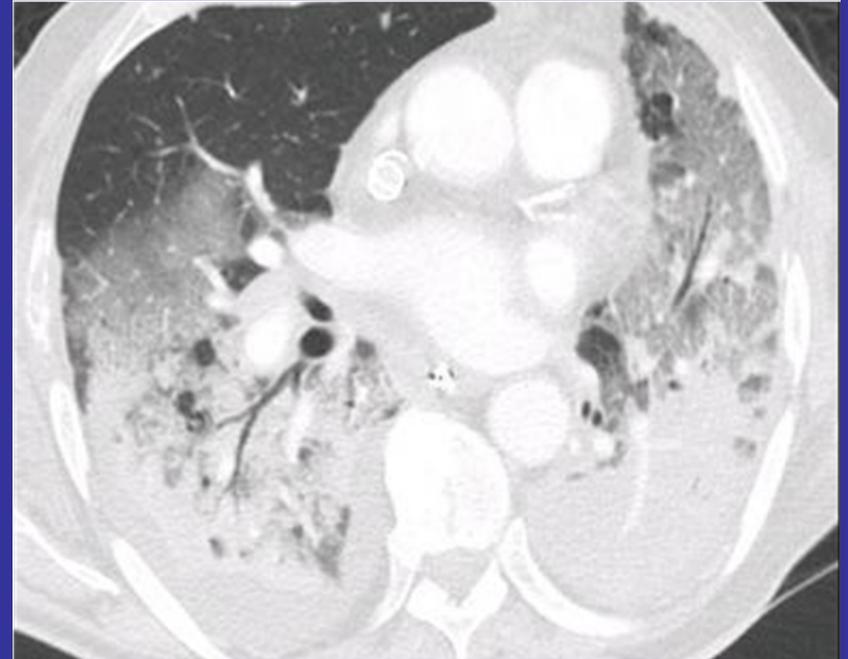


Illustration 4/ VD et SDRA



- Atteinte Aiguë
- P/F < 300 mmHg
- Images bilatérales à la RP
- Non expliquée par une POG élevée

dysfonction VD au cours du SDRA

- HTAP précapillaire

- Vasoconstriction hypoxique
- Médiateurs vasoactifs
- Remodelage vasculaire
- Thromboses
- Acidose hypercapnique

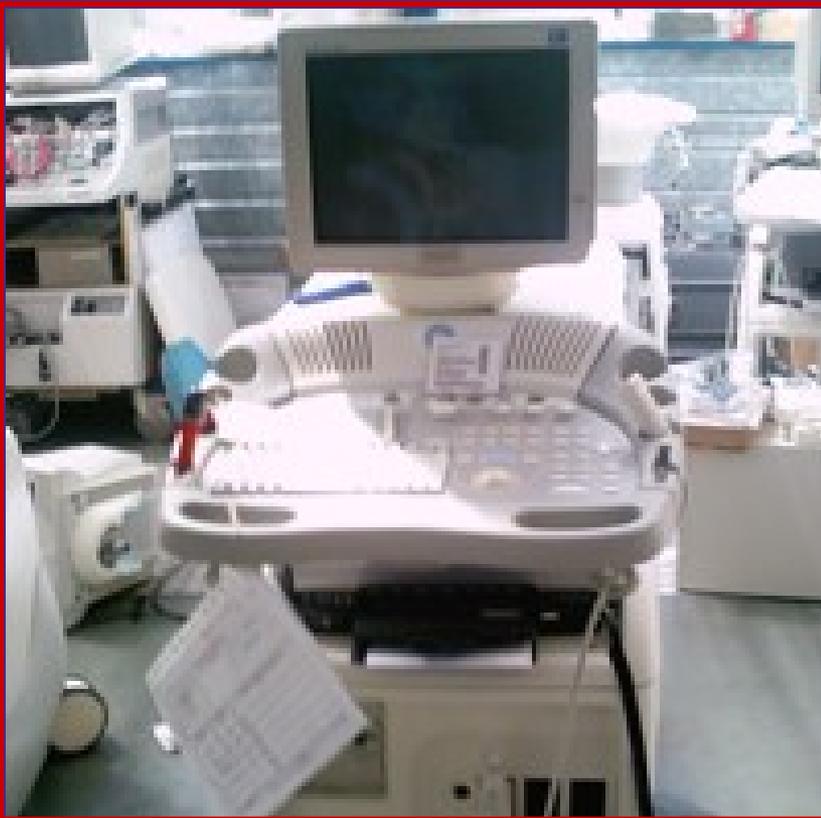
- Augmentation de la P_{TP}

- Baisse C pulmonaire
Majorée par les réglages de la VM (V_t et PEP)

↑ des RVP: ↑ post charge VD

```
graph TD; A["HTAP précapillaire<br/>• Vasoconstriction hypoxique<br/>• Médiateurs vasoactifs<br/>• Remodelage vasculaire<br/>• Thromboses<br/>• Acidose hypercapnique"] --> B["↑ des RVP: ↑ post charge VD"]; C["Augmentation de la P_TP<br/>• Baisse C pulmonaire<br/>Majorée par les réglages de la VM (Vt et PEP)"] --> B;
```

Diagnostic Echographique du Cœur pulmonaire aigu



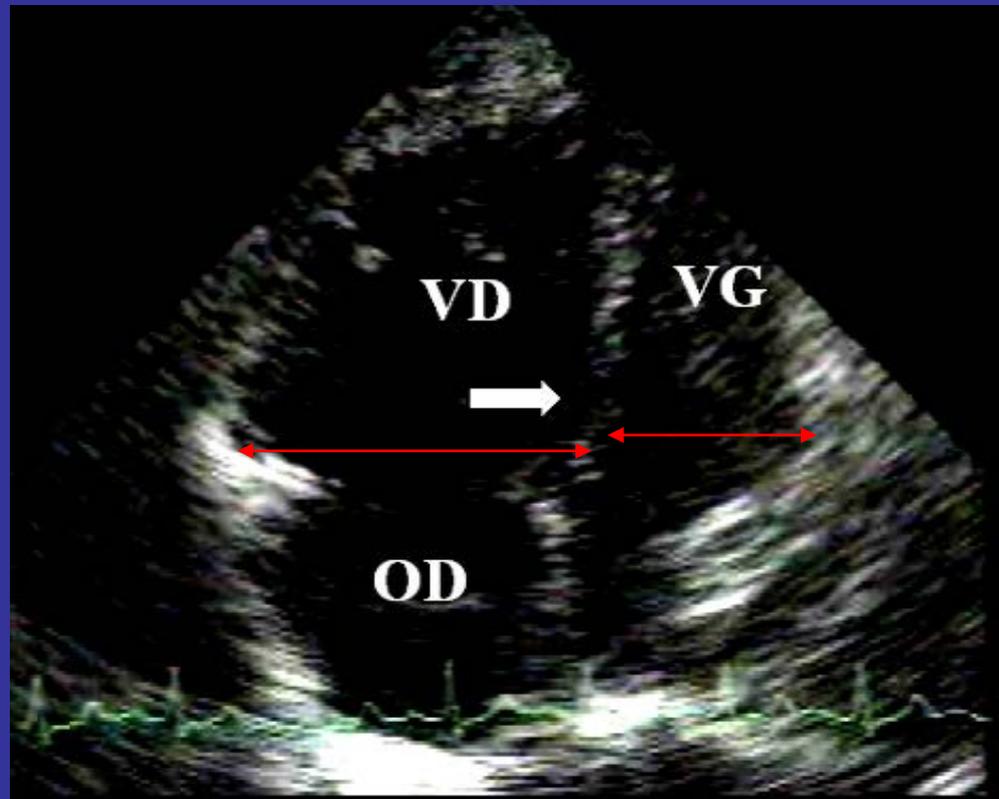
- Dilatation VD
- Septum paradoxal

Diagnostic Echographique du CPA

Dilatation VD

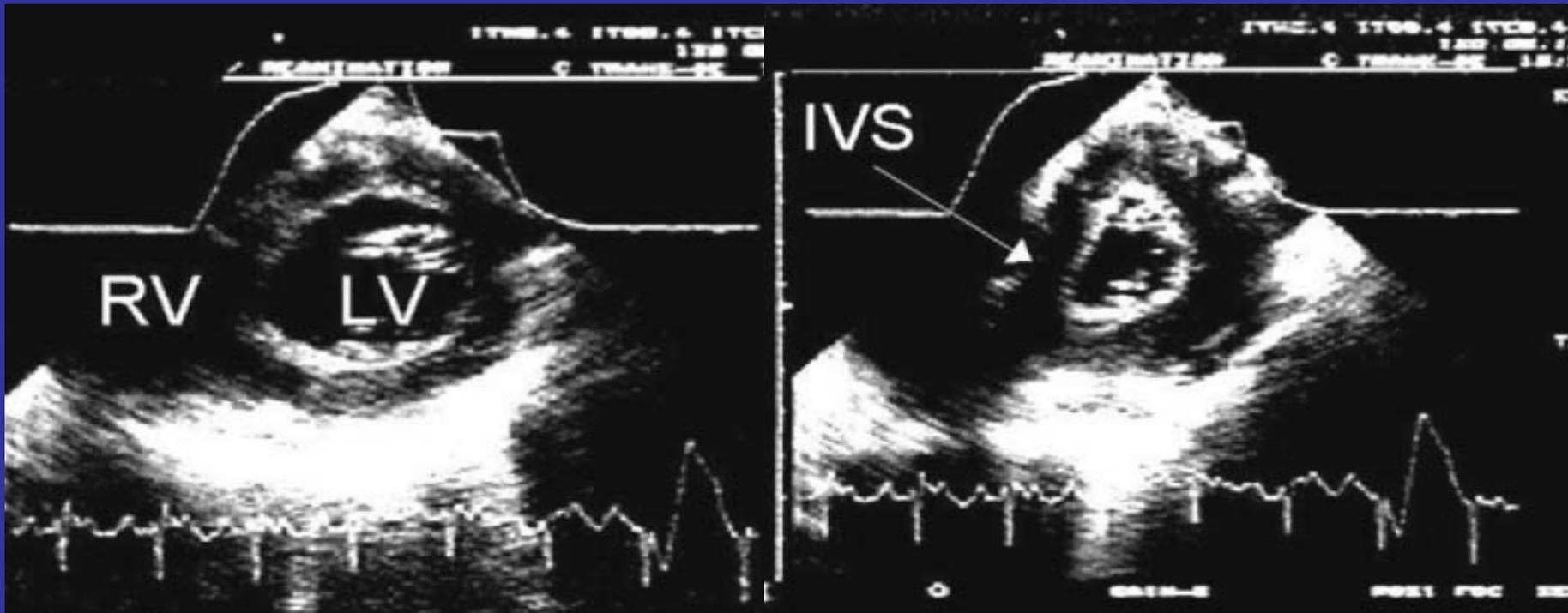
Surcharge diastolique du VD

Diamètre télé-diastolique VD/ DTDVG > 0,6



Diagnostic Echographique du CPA

Septum paradoxal Surcharge systolique du VD



Conclusion

- **Couple cœur/poumon**
- **Interactions ++**
- **Différence pression positive / négative**
- **Ventilation mécanique contrainte pour le VD,**
- **Ventilation mécanique soutien pour le VG**