

*UE3-2 - Physiologie – Physiologie Respiratoire*

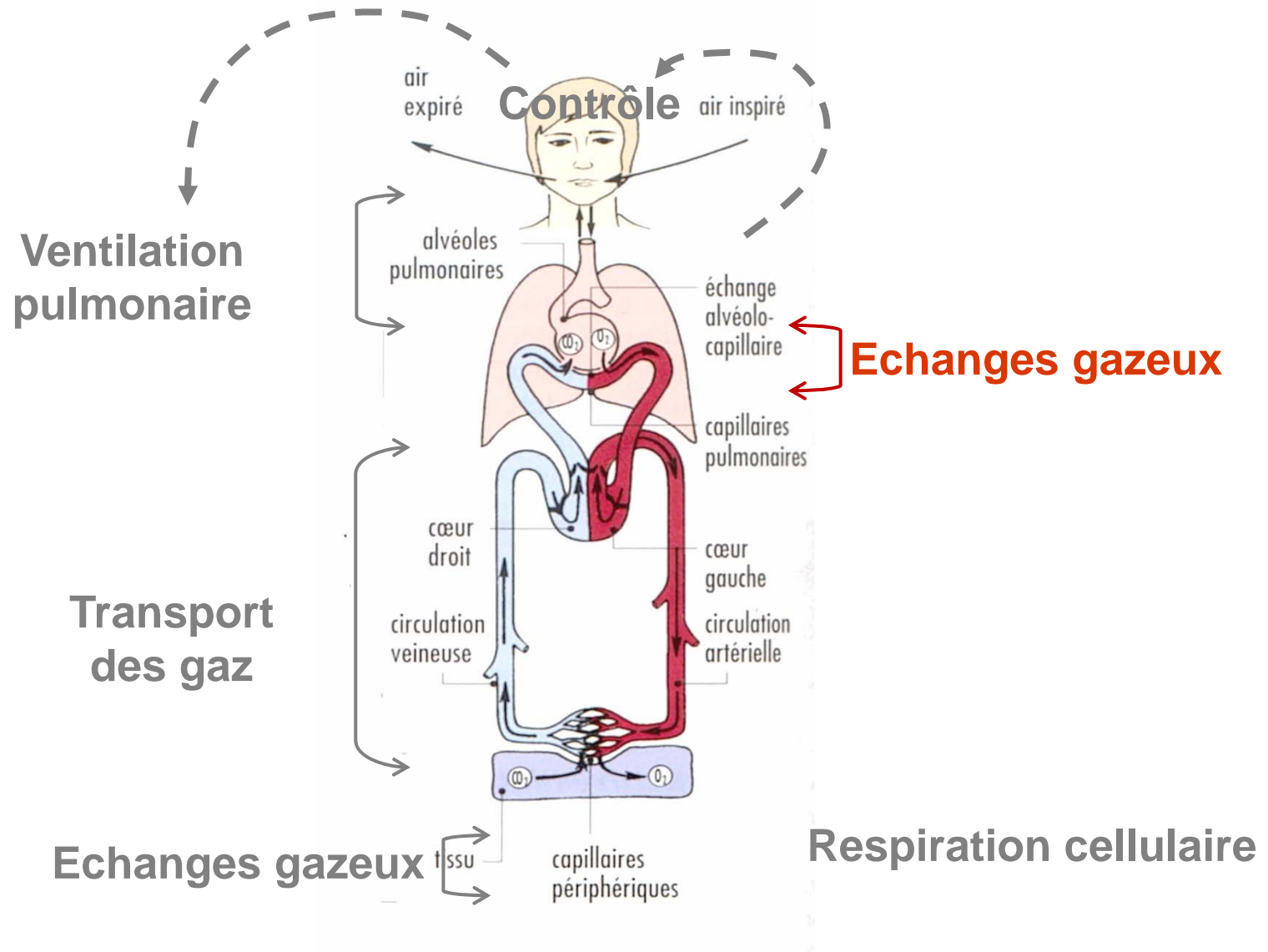
# Chapitre 8 : Echanges gazeux

Docteur Sandrine LAUNOIS-ROLLINAT

Année universitaire 2011/2012

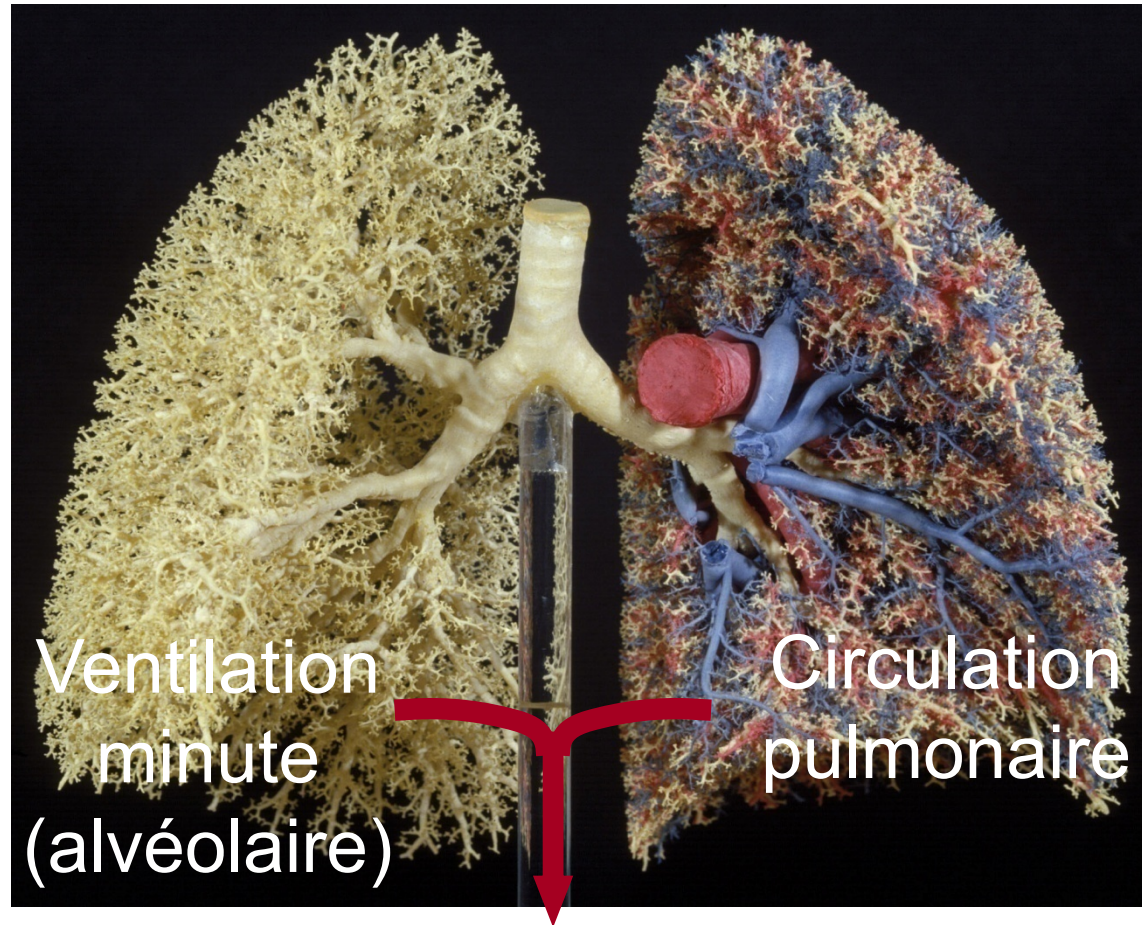
Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Echanges gazeux



# Echanges gazeux alvéolo-capillaires

Moulage de  
l'arbre bronchique



Moulage des  
vaisseaux  
pulmonaires

Ventilation  
minute  
(alvéolaire)

Circulation  
pulmonaire

Echanges gazeux

# Echanges gazeux alvéolo-capillaires

- Généralités
- Diffusion alvéolo-capillaire
  - Principes physiques
  - Diffusion de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub>
- Efficacité des échanges gazeux alvéolo-capillaires
  - Facteurs déterminants l'efficacité des échanges gazeux
  - Poumon idéal vs poumon réel
  - Rapports ventilation/perfusion

# Généralités

## Echanges alvéolo-capillaires

### Echanges gazeux

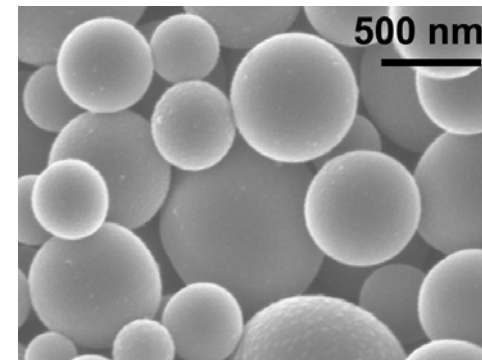
Oxygène  
Dioxyde de carbone  
Anesthésiques gazeux ou volatils  
Toxiques (CO, alcool)



Ethylotest

### Echanges non gazeux

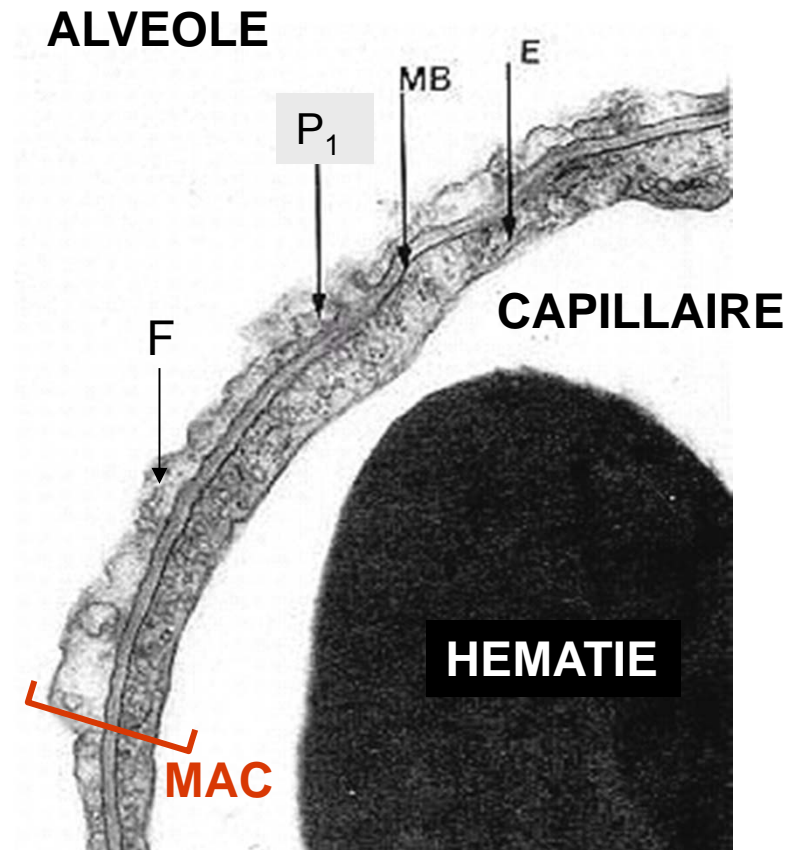
Cellules  
Liquides  
Particules



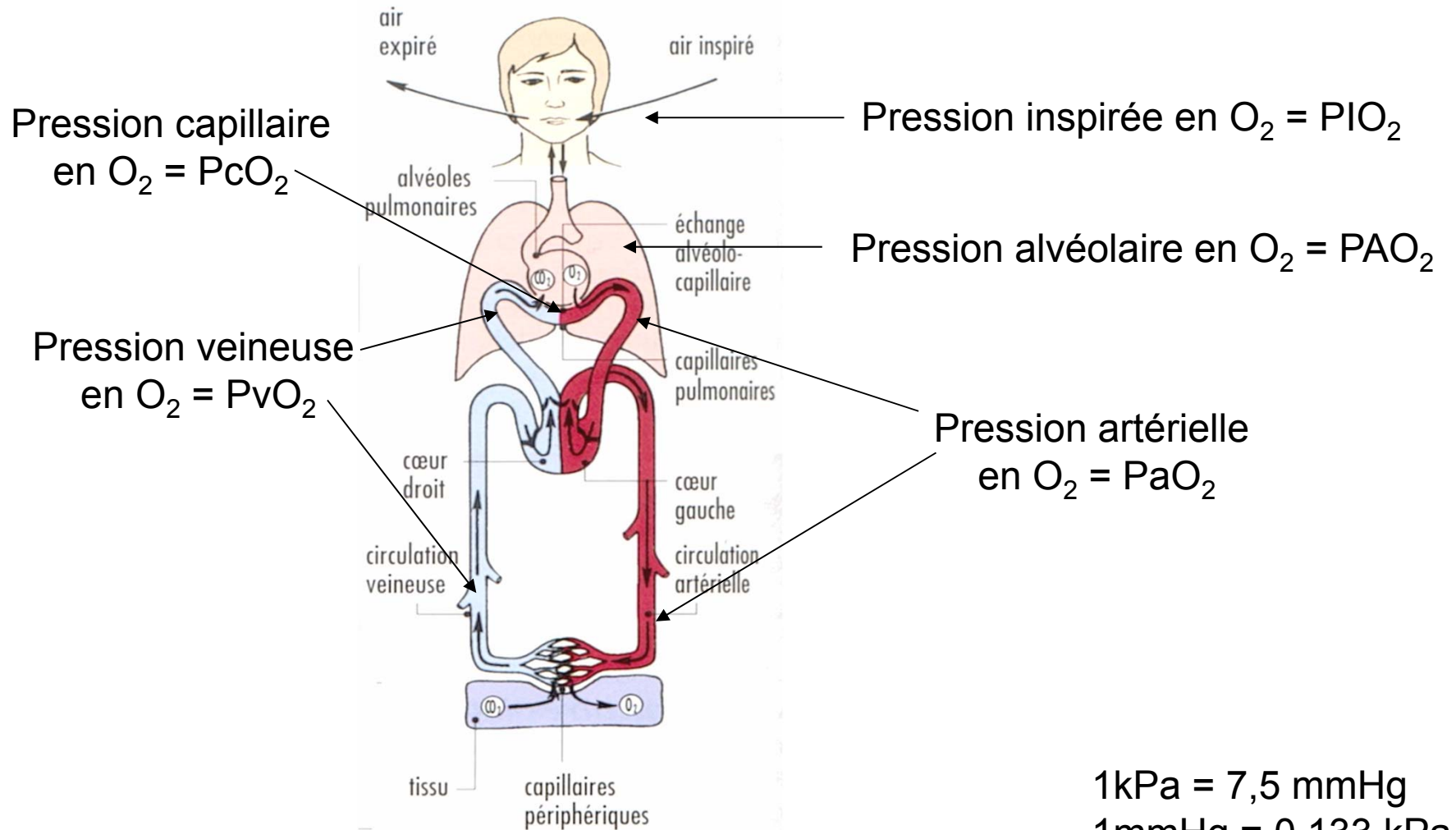
Nanoparticules de carbone

# Généralités

- Membrane alvéolo-capillaire (**MAC**)
  - épaisseur  $\approx 0,3-0,5$
  - au minimum:
    - film liquidien alvéolaire (F)
    - bras d'un pneumocyte I (P1)
    - membranes basales fusionnées entre épithélium alvéolaire et capillaire (MB)
    - cellule endothéliale (E)

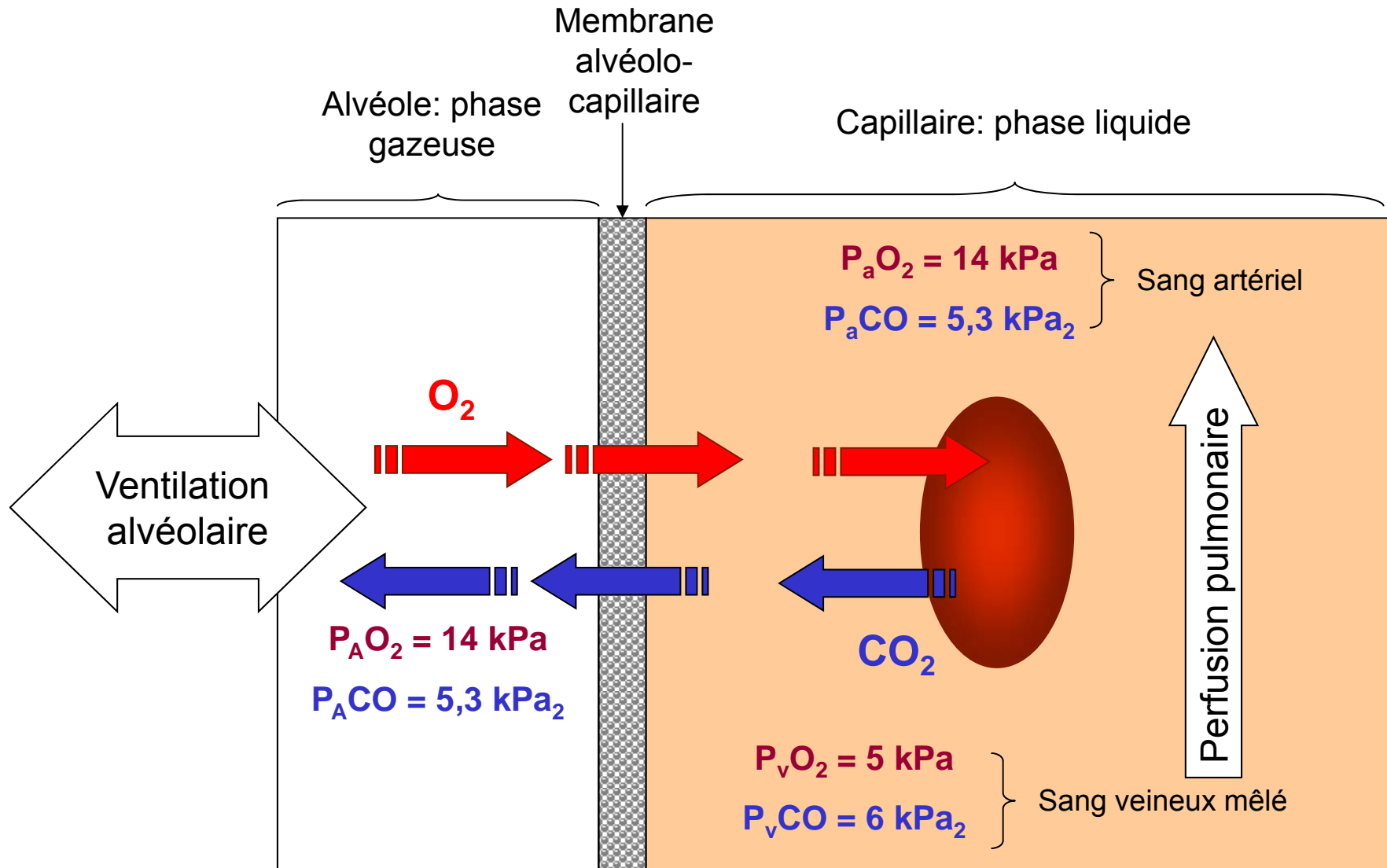


# Généralités



1kPa = 7,5 mmHg  
1mmHg = 0,133 kPa

# Généralités



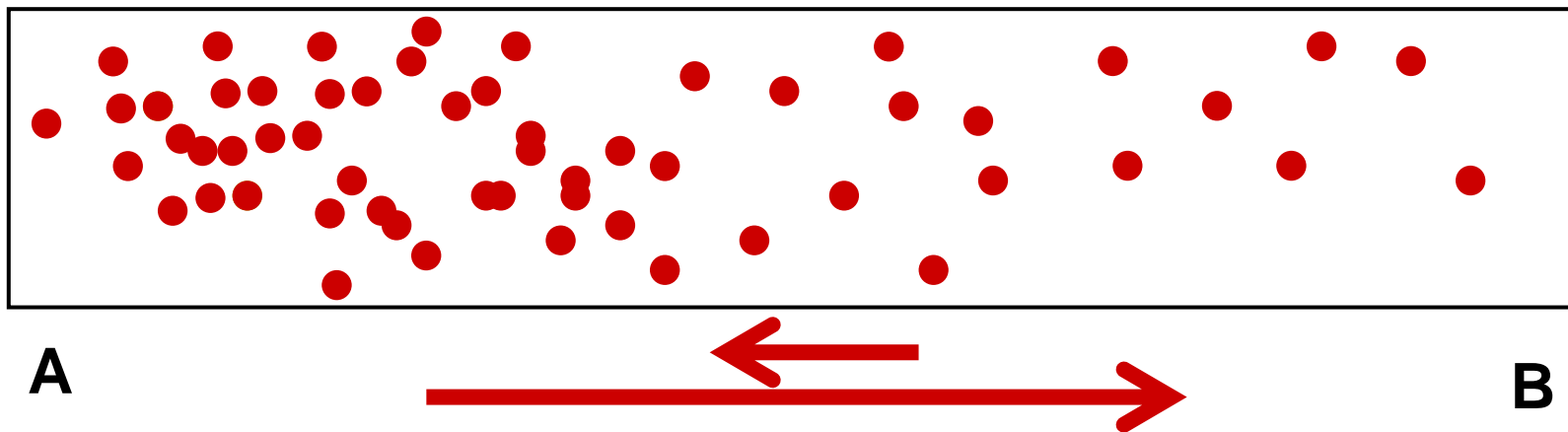


# Echanges gazeux alvéolo-capillaires

- Généralités
- Diffusion alvéolo-capillaire
  - Principes physiques
  - Diffusion de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub>
- Efficacité des échanges gazeux alvéolo-capillaires
  - Facteurs déterminants l'efficacité des échanges gazeux
  - Poumon idéal vs poumon réel
  - Rapports ventilation/perfusion

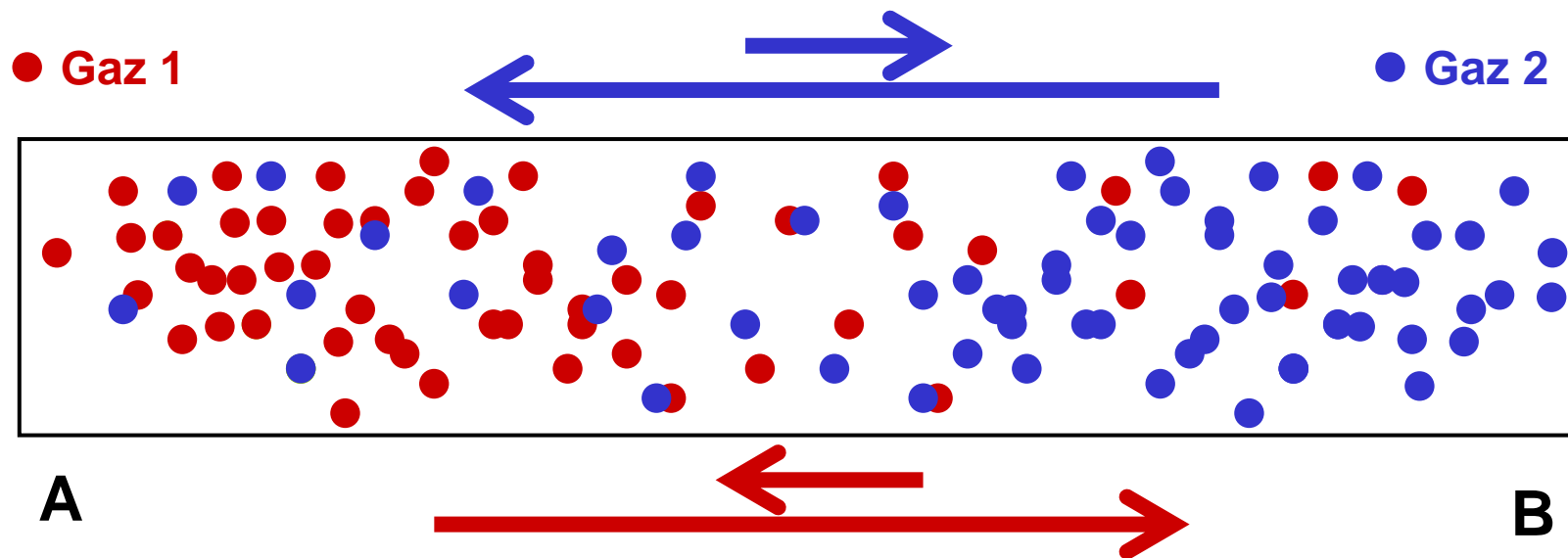
# Principes de la diffusion

- Un gaz diffuse toujours
  - d'une zone de pression partielle élevée vers une zone de pression partielle plus basse
  - jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint



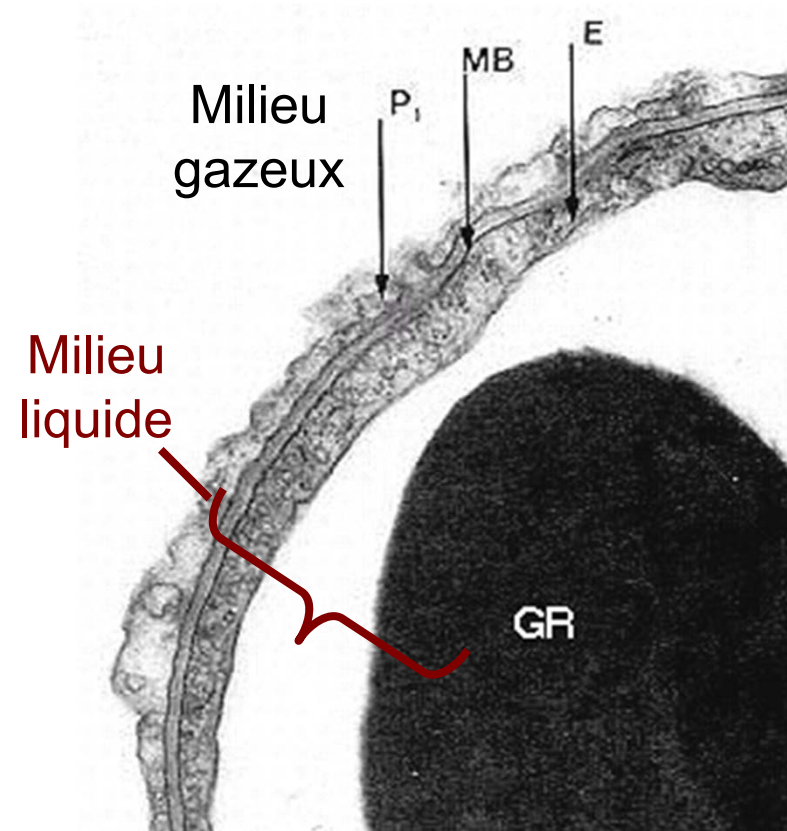
# Principes de la diffusion

- Dans un mélange gazeux, chaque gaz se comporte de façon indépendante



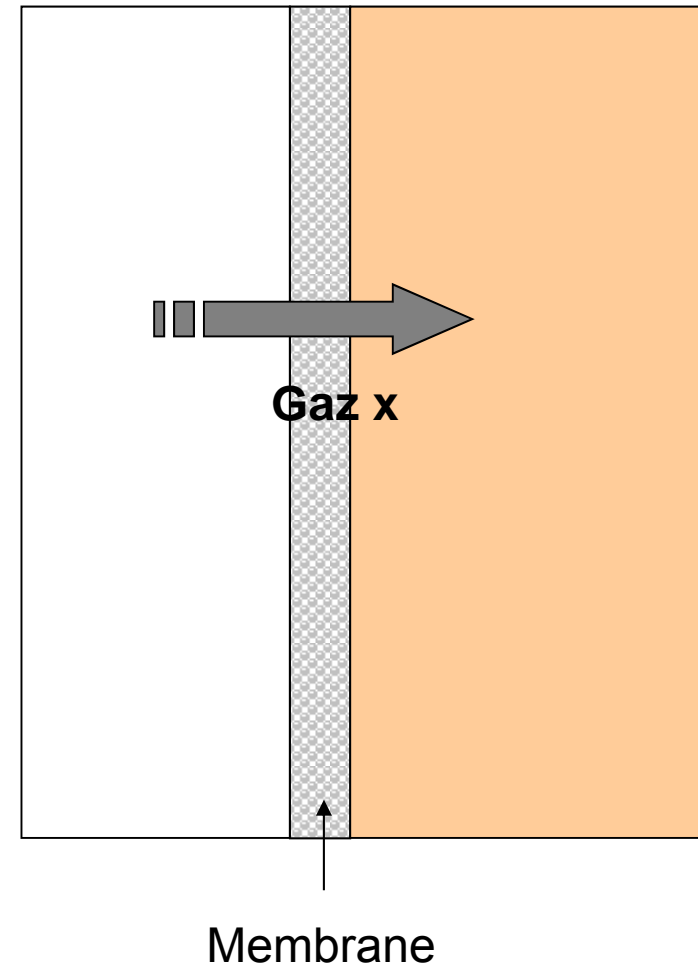
# Principes de la diffusion

- Diffusion d'un gaz d'un milieu gazeux vers un milieu liquide
  - mêmes lois qu'au sein d'un milieu gazeux homogène



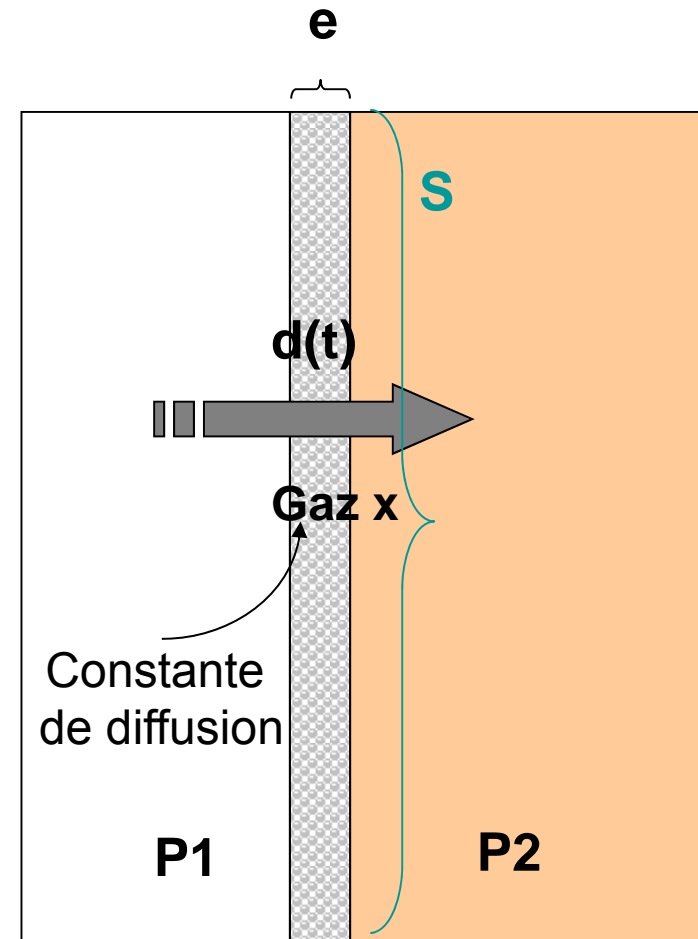
# Principes de la diffusion

- Diffusion du gaz proportionnelle
  - aux caractéristiques de la **membrane**
  - aux caractéristiques du **gaz**
  - au **gradient de pression**
  - au **temps de contact** entre le gaz et la membrane
- Loi de Fick de la diffusion d'un gaz à travers un tissu



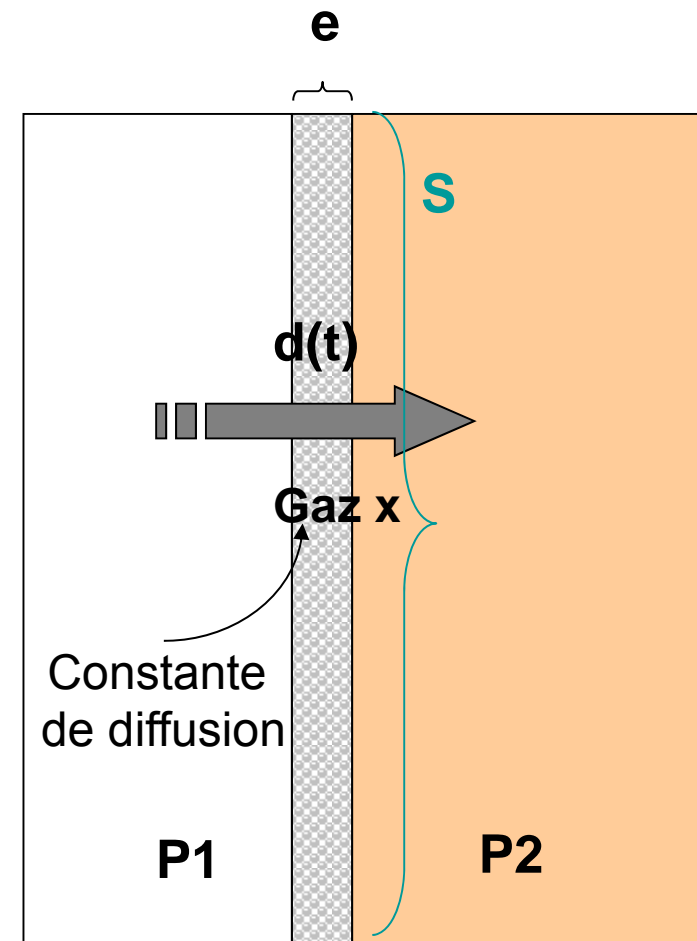
# Principes de la diffusion

- Diffusion du gaz proportionnelle
  - à la **surface**  $S$  du tissu
  - à l'inverse de l'**épaisseur**  $e$  du tissu
  - au **gradient de pression** de part et d'autre du tissu ( $P_1 - P_2$ )
  - au **temps de contact** ( $dt$ )
  - à la **constante de diffusion** du gaz



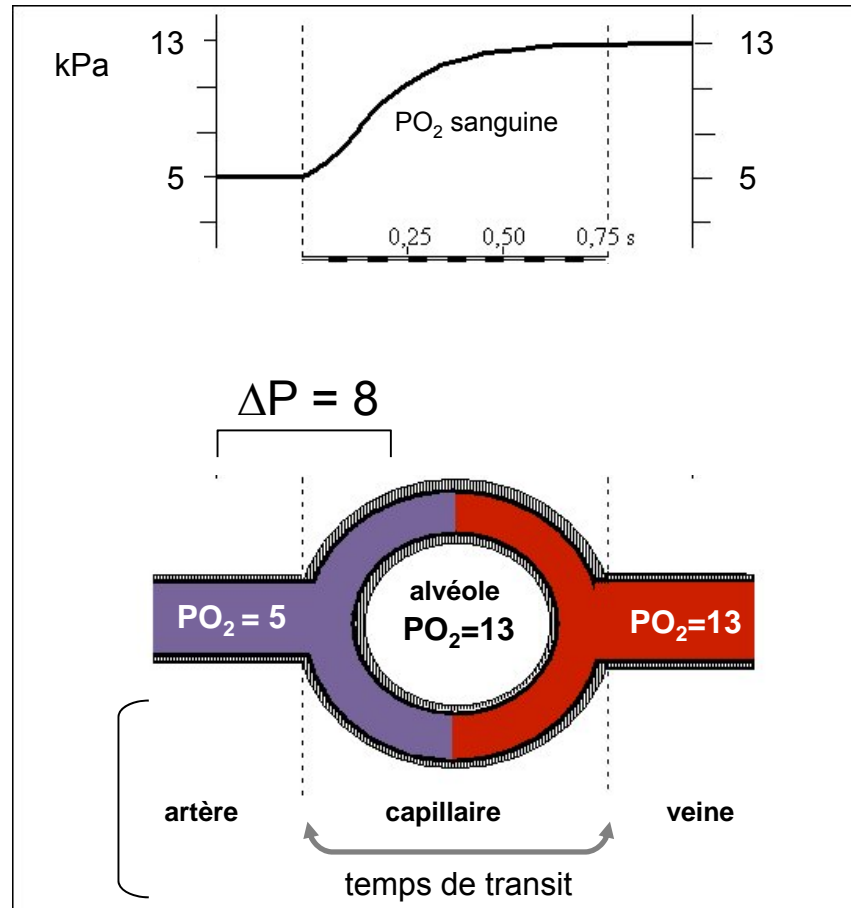
# Principes de la diffusion

- Diffusion du gaz proportionnelle à la **constante de diffusion** du gaz
  - proportionnelle à la **solubilité** du gaz
  - inversement proportionnelle à la racine carrée de son **poids moléculaire**
- Constante de diffusion du  $\text{CO}_2 \gg \text{O}_2$



# Diffusion alvéolo-capillaire

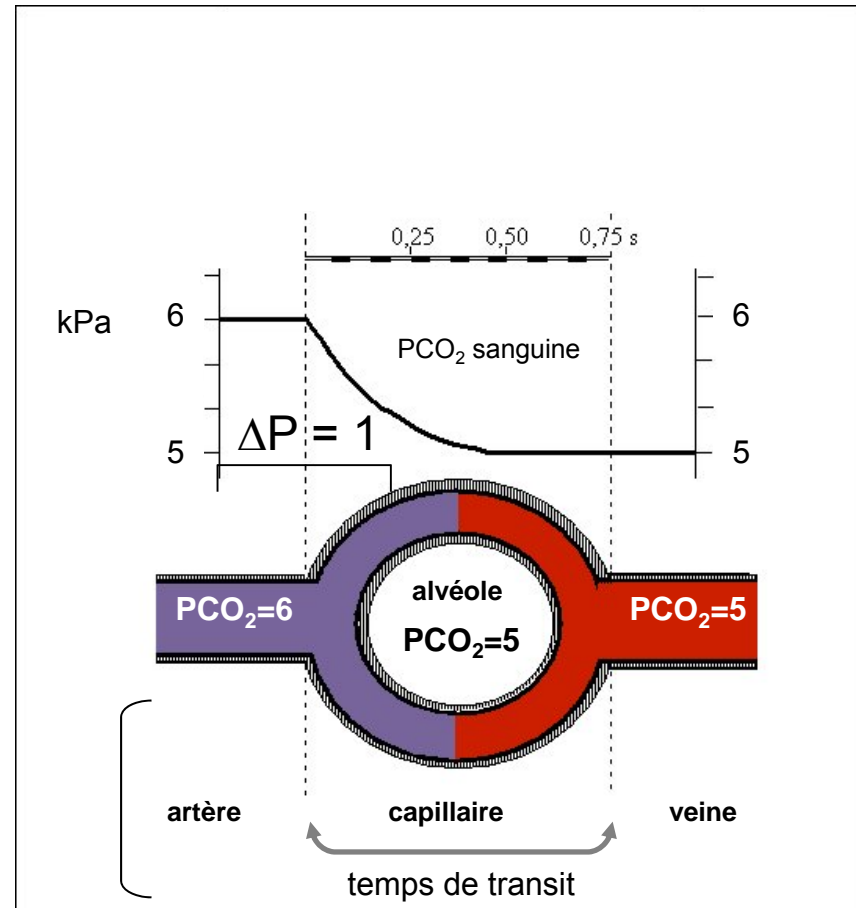
- Diffusion de l'O<sub>2</sub>
  - Grande  $\Delta P$  entre le sang qui arrive dans les capillaires pulmonaires et l'air alvéolaire
  - Equilibre atteint rapidement (0,3-0,4s)





# Diffusion alvéolo-capillaire

- Diffusion du  $\text{CO}_2$ 
  - Faible  $\Delta P$  entre le sang veineux mêlé et l'air alvéolaire mais **diffusibilité importante**
  - Equilibre atteint rapidement (0,3-0,4s)



# Echanges gazeux alvéolo-capillaires

- Généralités
- Diffusion alvéolo-capillaire
  - Principes physiques
  - Diffusion de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub>
- Efficacité des échanges gazeux alvéolo-capillaires
  - Facteurs déterminants l'efficacité des échanges gazeux
  - Poumon idéal vs poumon réel
  - Rapports ventilation/perfusion

# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Les échanges gazeux alvéolo-capillaires dépendent de:
  - Ventilation alvéolaire
  - Diffusion alvéolo-capillaire
  - Perfusion pulmonaire
  - Rapport ventilation/perfusion

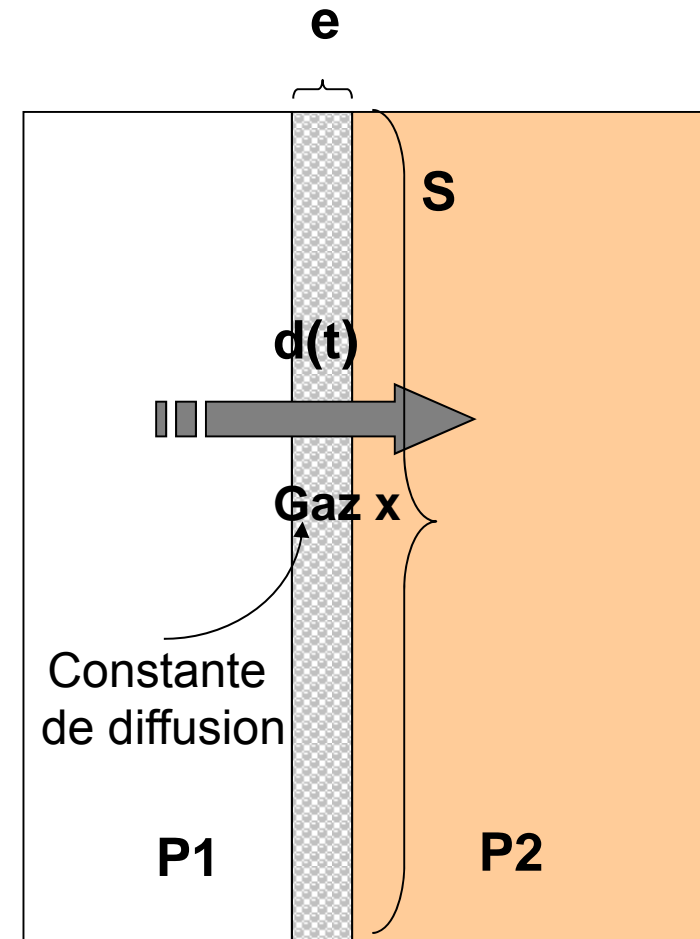
# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Diffusion
  - Gradient de pression entre sang veineux mêlé et alvéoles
  - Surface et épaisseur de la membrane A-cap
    - surface
      - anatomique = 80 -100 m<sup>2</sup>
      - fonctionnelle = alvéoles normaux + capillaires normaux
    - épaisseur
      - anatomique = 0,5 μm
      - fonctionnelle = toutes les étapes de la diffusion

# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

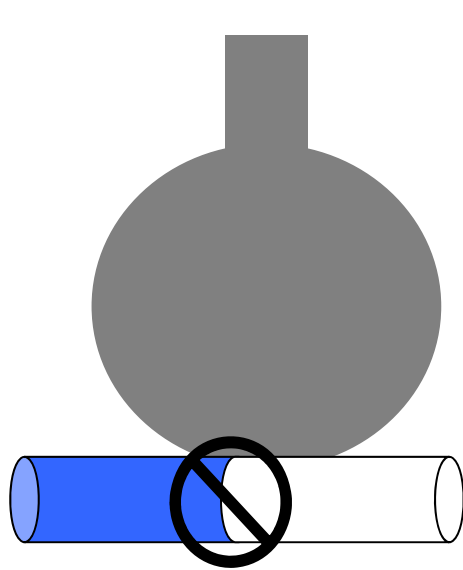
- Anomalie possible de la diffusion si modification de:

- surface
- épaisseur
- temps de contact

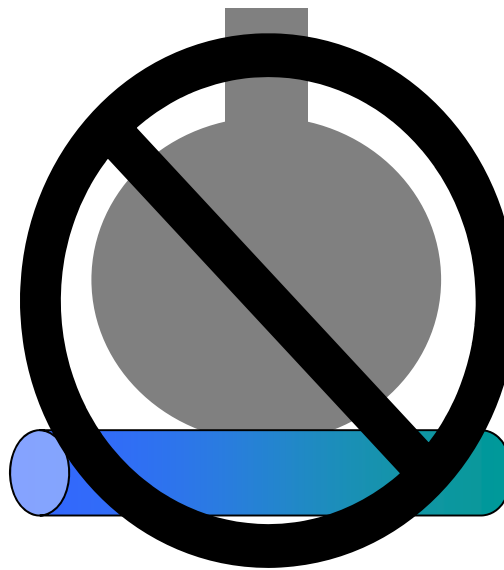


# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

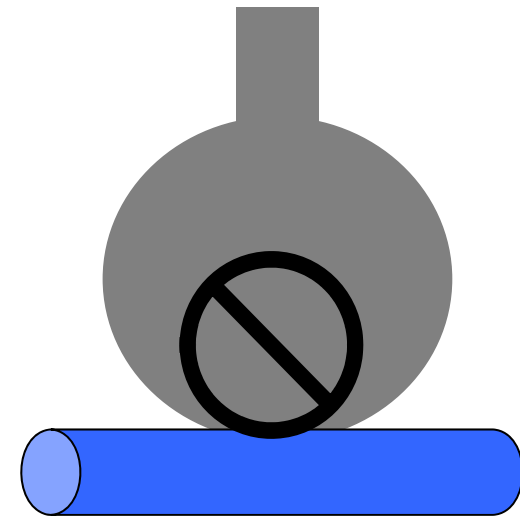
- Modification de la taille de la surface d'échange



Amputation  
circulatoire



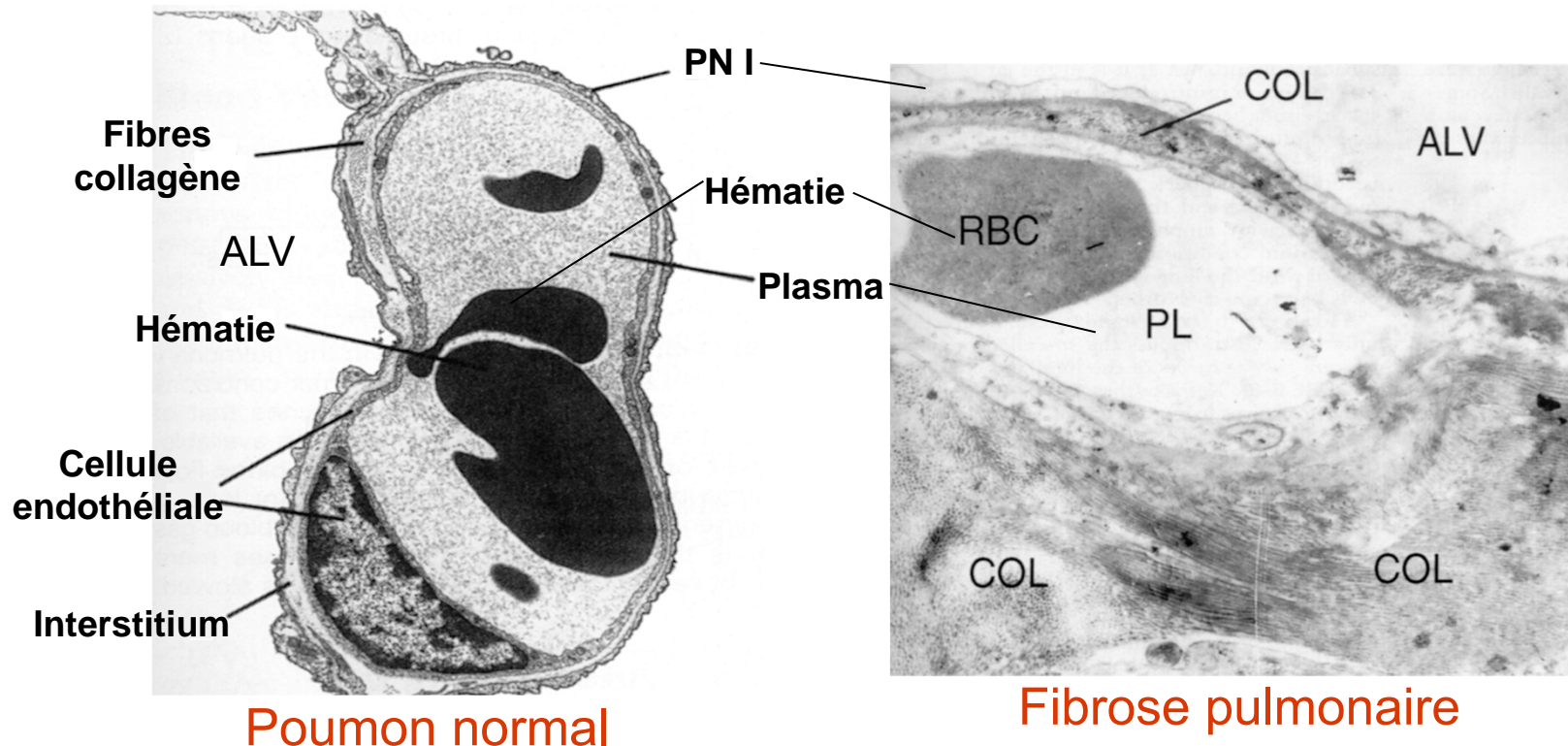
Amputation  
globale



Amputation  
ventilatoire

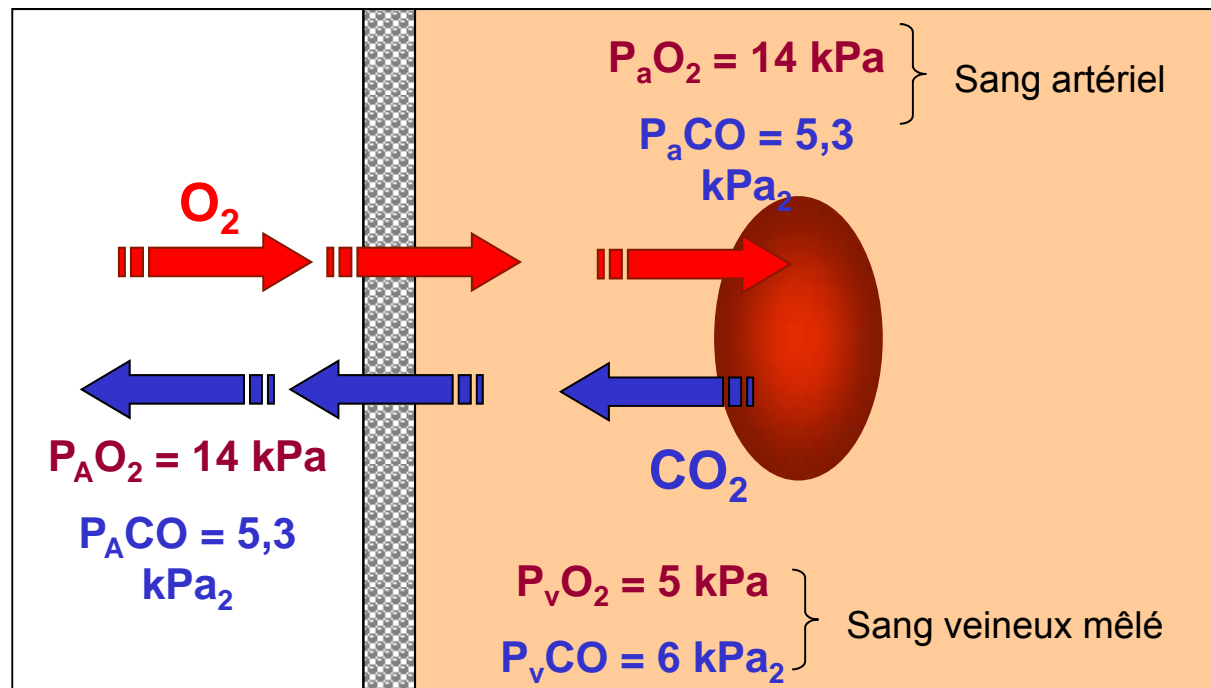
# Effacité des échanges alvéolo-capillaires

- Modification de l'épaisseur de la membrane
  - Accumulation de fibres collagène ou le liquide dans l'interstitium
  - Accumulation de liquide dans les alvéoles



# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Poumon **idéal**
  - $P_{aO_2} = P_{AO_2}$ ;  $P_{aCO_2} = P_{ACO_2}$
- Poumon **réel** normal
  - $P_{aO_2} < P_{AO_2}$ ;  $P_{aCO_2} = P_{ACO_2}$



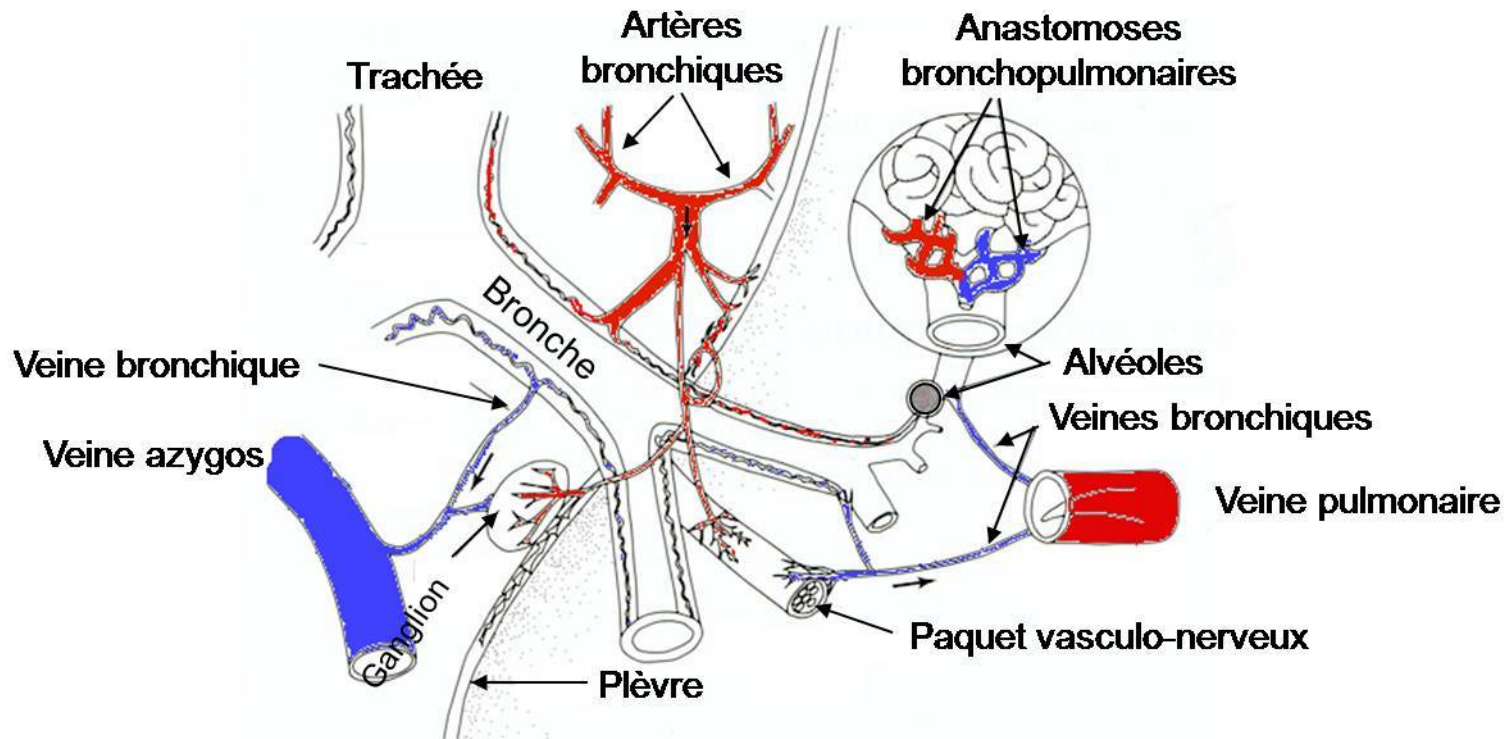


# Effacité des échanges alvéolo-capillaires

- Poumon **réel** normal
  - $PAO_2 = 14 \text{ kPa}$ ,  $PaO_2 = 13 \text{ kPa}$
  - $PA \text{ CO}_2 = 5 \text{ kPa}$ ,  $Pa\text{CO}_2 = 5 \text{ kPa}$
- Gradient alvéolo-artériel normal en  $O_2$  de  $\approx 1 \text{ kPa}$ ; pas de gradient alvéolo-artériel en  $CO_2$  de  $\approx 1 \text{ kPa}$
- Origine du gradient alvéolo-capillaire normal en  $O_2$ 
  - Shunt (court-circuit) sanguin anatomique
  - Inégalités du rapport ventilation/perfusion

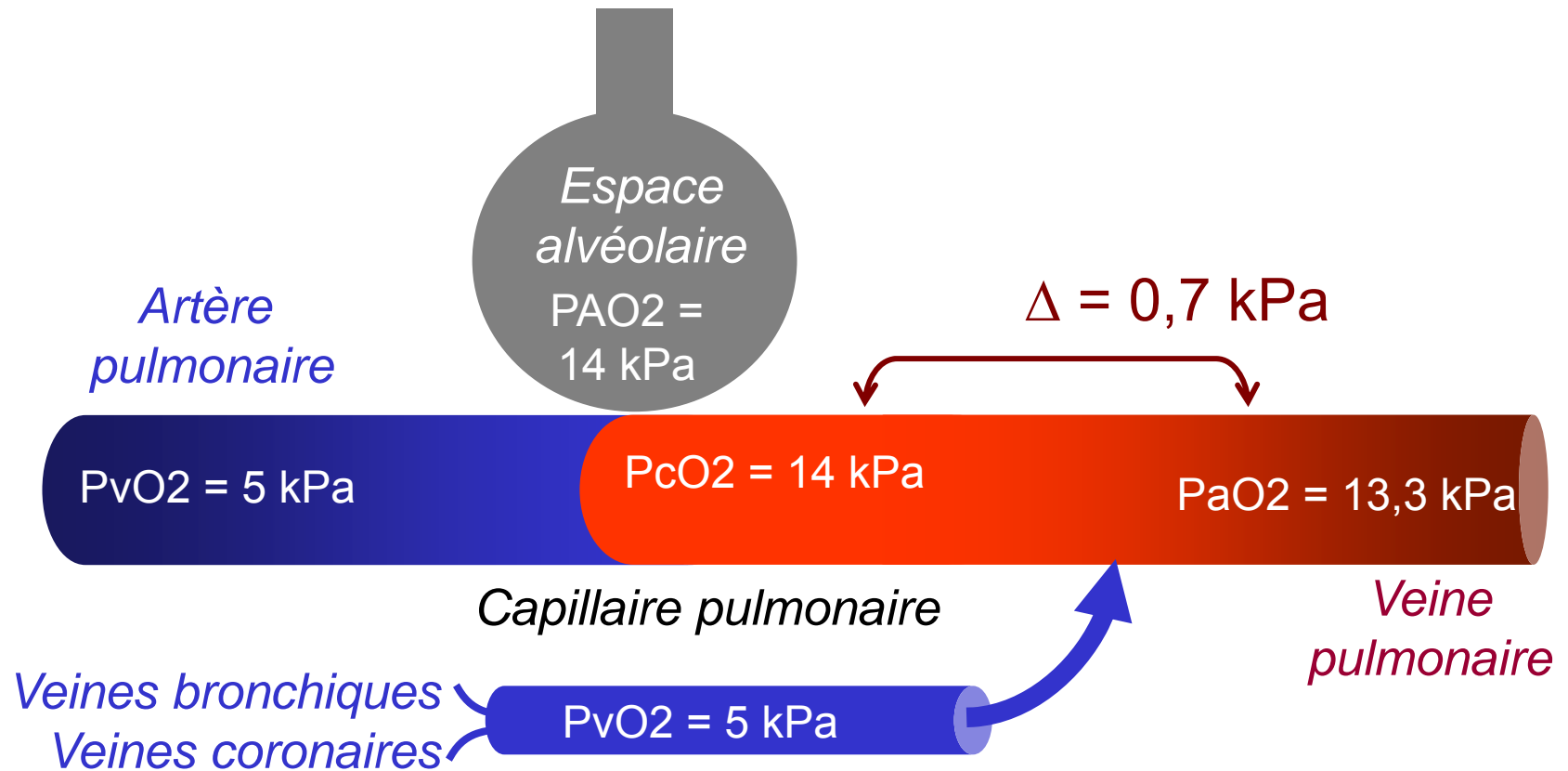
# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Aorte → artères bronchiques → capillaires bronchiques → veines bronchiques → veines azygos → veine cave supérieure  
→ **veines pulmonaires**



# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Shunt sanguin anatomique



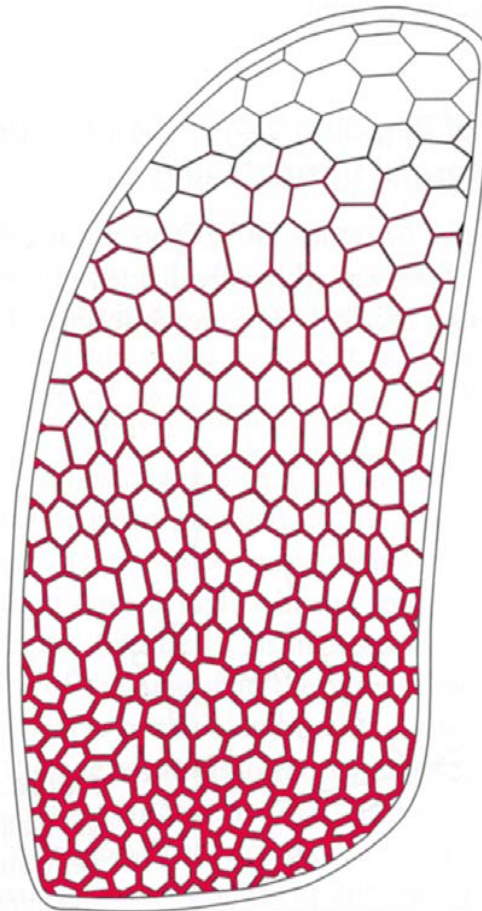
# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Inégalités du rapport ventilation/perfusion

## Ventilation

Alvéoles distendus,  
moins compliants  
**Ventilation moindre**

Alvéoles non distendus,  
compliants  
**Ventilation plus élevée**



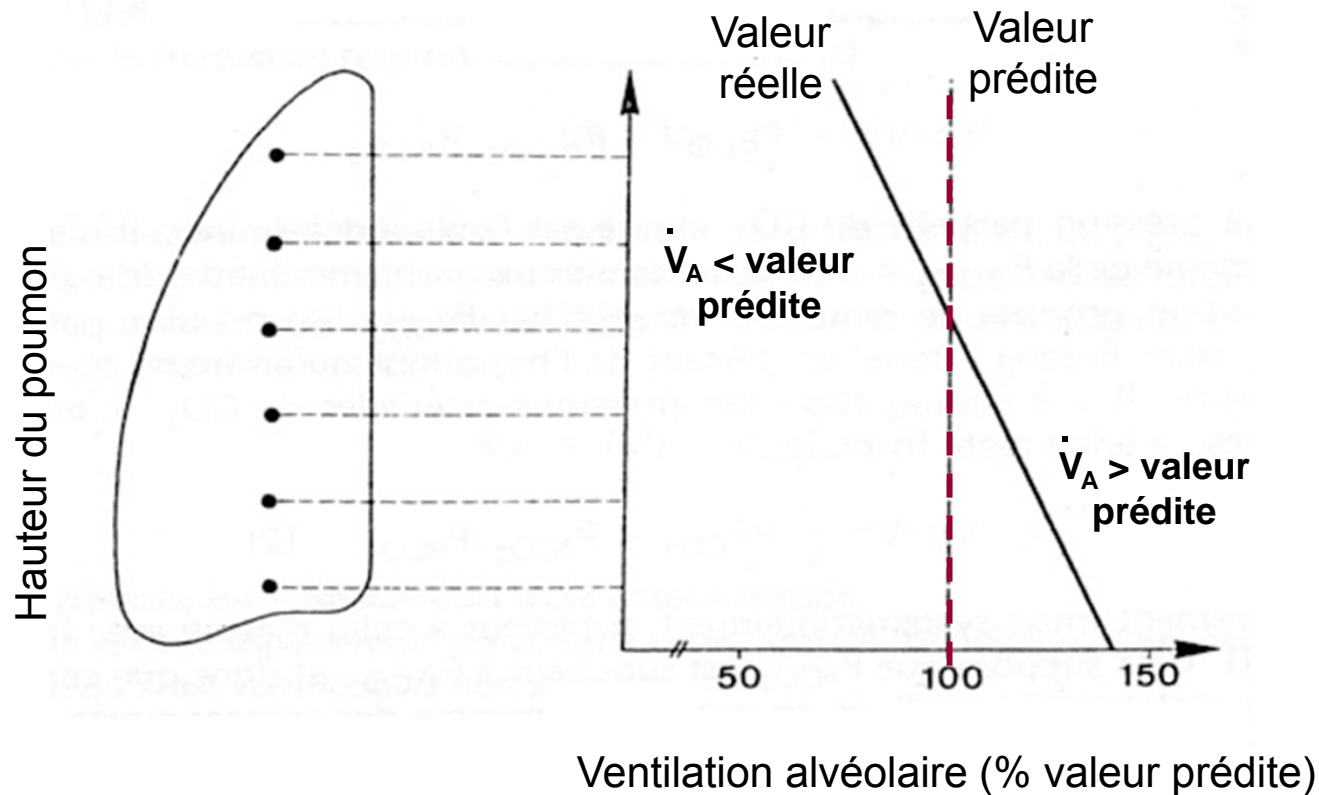
## Perfusion

P vasculaires plus basses  
Moins de recrutement/distension  
Résistances plus élevées  
**Perfusion moindre**

P vasculaires plus hautes  
Plus de recrutement/distension  
Résistances moins élevées  
**Perfusion plus élevée**

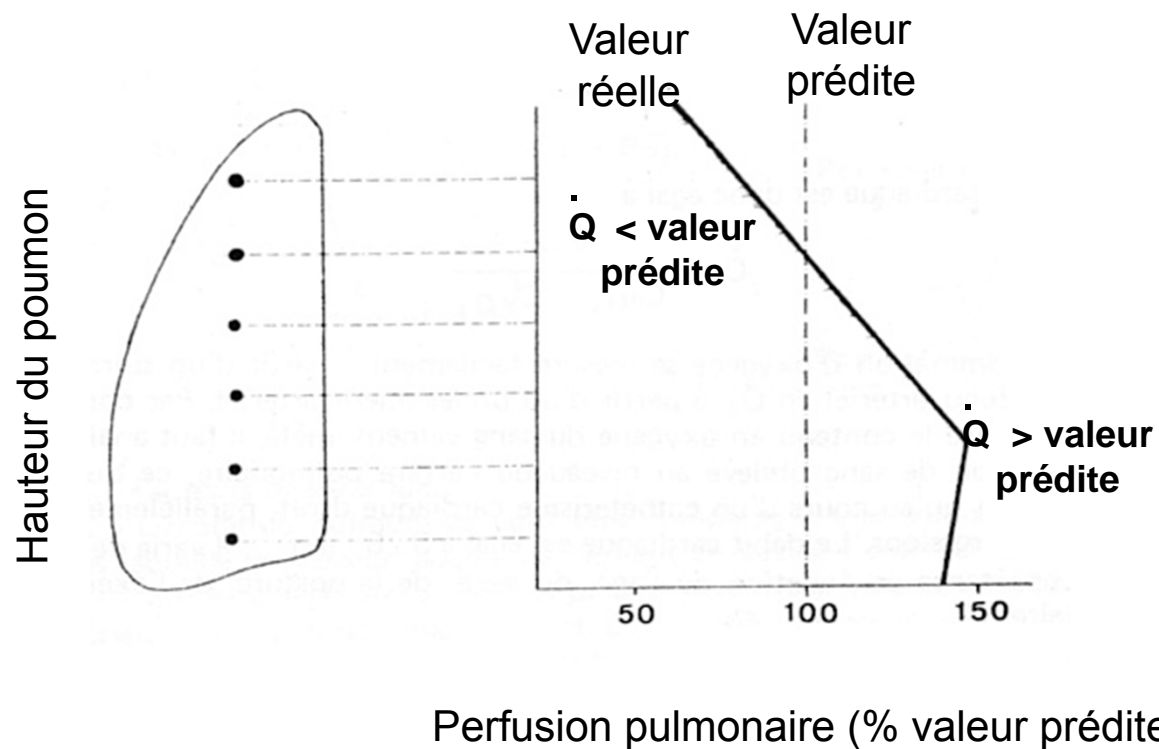
# Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

Distribution régionale de la ventilation alvéolaire en position debout



# Effacité des échanges alvéolo-capillaires

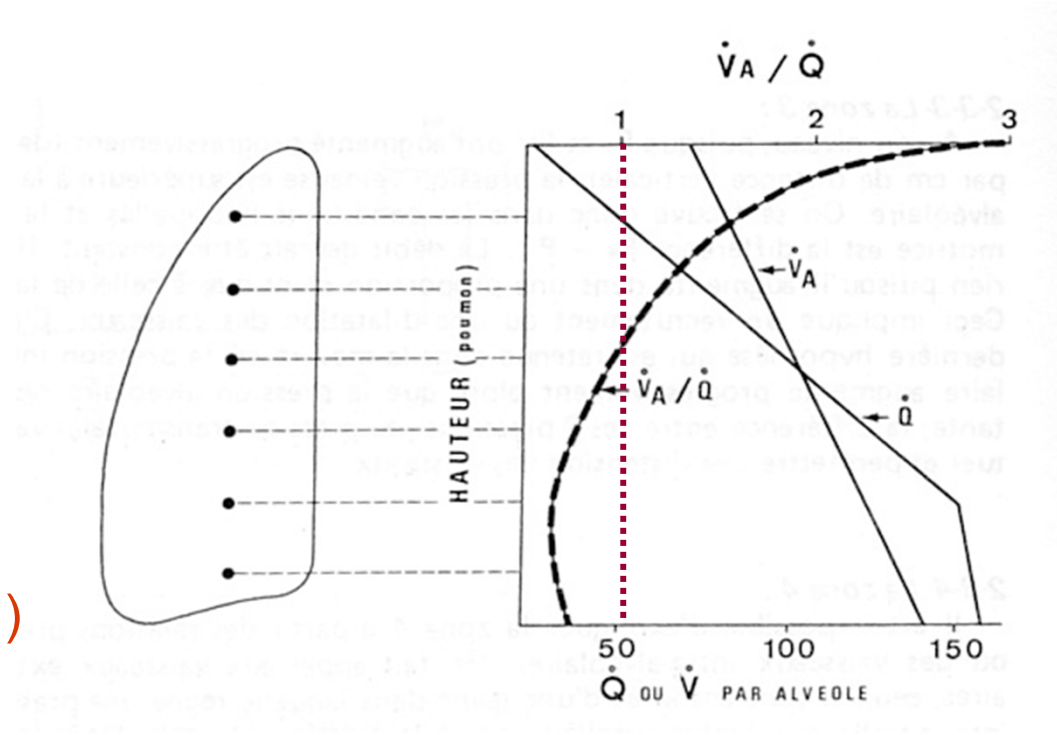
Distribution régionale de la perfusion en position debout



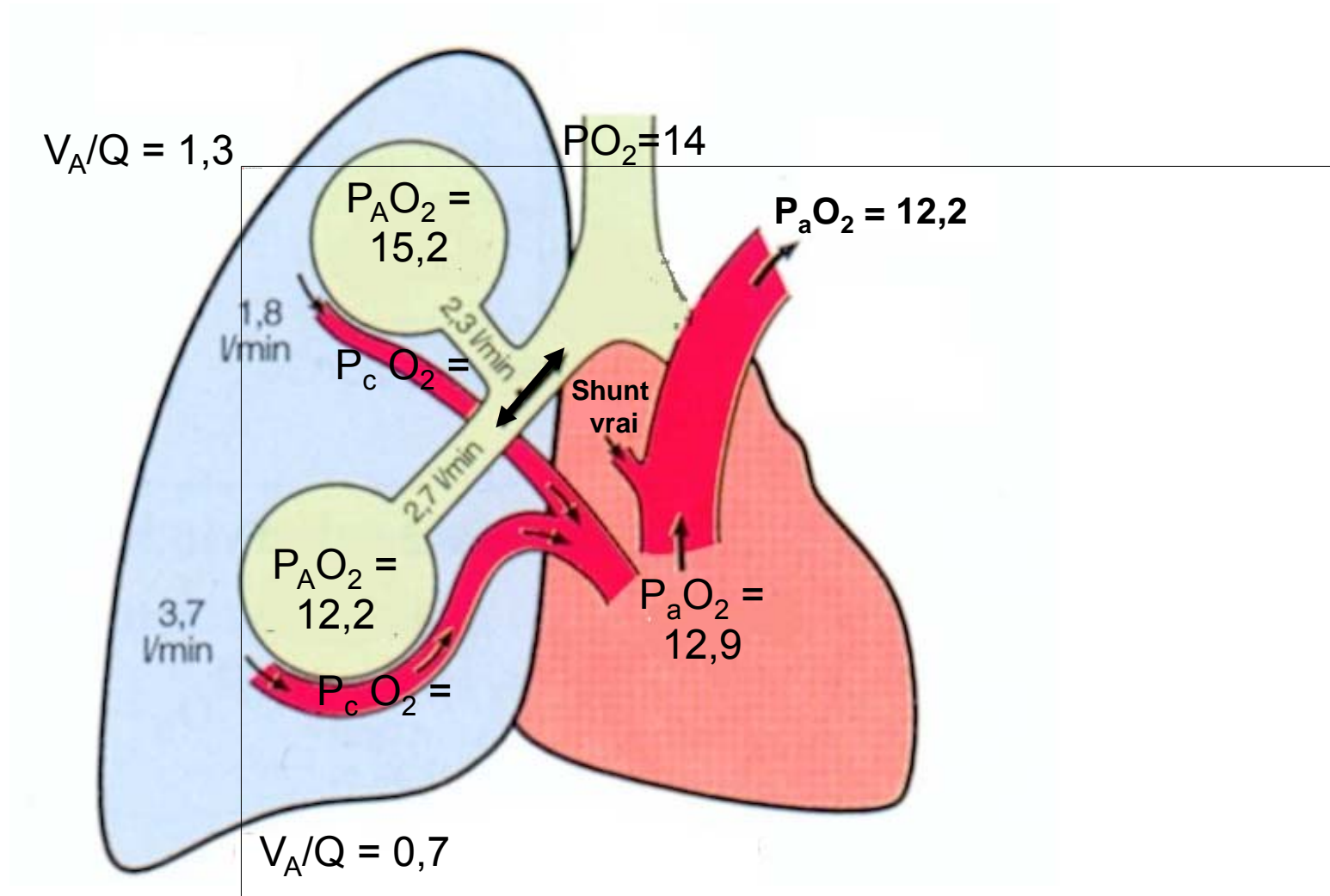
# Rapports ventilation/perfusion

- Rapport  $\dot{V}_A/\dot{Q}$ 
  - Aux sommets
    - ventilation > perfusion
    - rapport  $V_A/Q$  élevé
  - Aux bases
    - ventilation < perfusion
    - rapport  $V_A/Q$  bas
  - Partie médiane
    - ventilation = perfusion
    - rapport  $V_A/Q$  idéal (= 1)

## Distribution régionale du rapport $V_A/Q$



# Effacité des échanges alvéolo-capillaires



Les pressions sont exprimées en kPa



# Conclusions

- Echanges gazeux alvéolo-capillaires
  - Fonction essentielle de l'appareil respiratoire
  - Déterminent la quantité d'O<sub>2</sub> qui sera disponible pour les échanges gazeux tissulaire, donc pour la respiration cellulaire
- Etude de la diffusion gazeuse alvéolo-capillaire possible en routine
- Les échanges se font diffusion selon les mêmes principes au niveau des tissus

# Références iconographiques

<b>LIVRES</b>				
<b>n° référence</b>	<b>titre de l'ouvrage</b>	<b>auteur</b>	<b>éditeur</b>	<b>année</b>
1	Manuel d'anatomie et de physiologie	SH N'Guyen	Lamarre	1999
2	Atlas d'anatomie humaine	FH Netter	Maloine	1997
3	L'essentiel en physiologie respiratoire	Ch Préfaut	Sauramps Médical	1986
4	Précis de physiologie médicale	AC Guyton	Piccin	1991
5	Pulmonary physiology	MG Lewitsky	McGrawHill	2003
6	Pulmonary physiology and pathophysiology	JB West	Lippincott Williams & Wilkins	2001
7	Physiologie de la respiration	JH Comroe	Masson	1978
8	Physiologie humaine	DU Silverthorn	Pearson Education France	2007
<b>SITES WEB</b>				
<b>n° référence</b>	<b>url</b>			<b>dernière visite</b>
web1	<a href="http://depts.washington.edu/envh/lung.html">http://depts.washington.edu/envh/lung.html</a>			10 2010
web2	<a href="http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_fram15.html">http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_fram15.html</a>			10 2010
web3	<a href="https://casweb.ou.edu/pbell/histology/Outline/lung.html">https://casweb.ou.edu/pbell/histology/Outline/lung.html</a>			10 2010
web4	<a href="http://w3.ouhsc.edu/histology/">http://w3.ouhsc.edu/histology/</a>			10 2010

# Mentions légales

L'ensemble de cette œuvre relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle, littéraire et artistique ou toute autre loi applicable.

Tous les droits de reproduction, adaptation, transformation, transcription ou traduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Cette œuvre est interdite à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1 et ses affiliés.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.