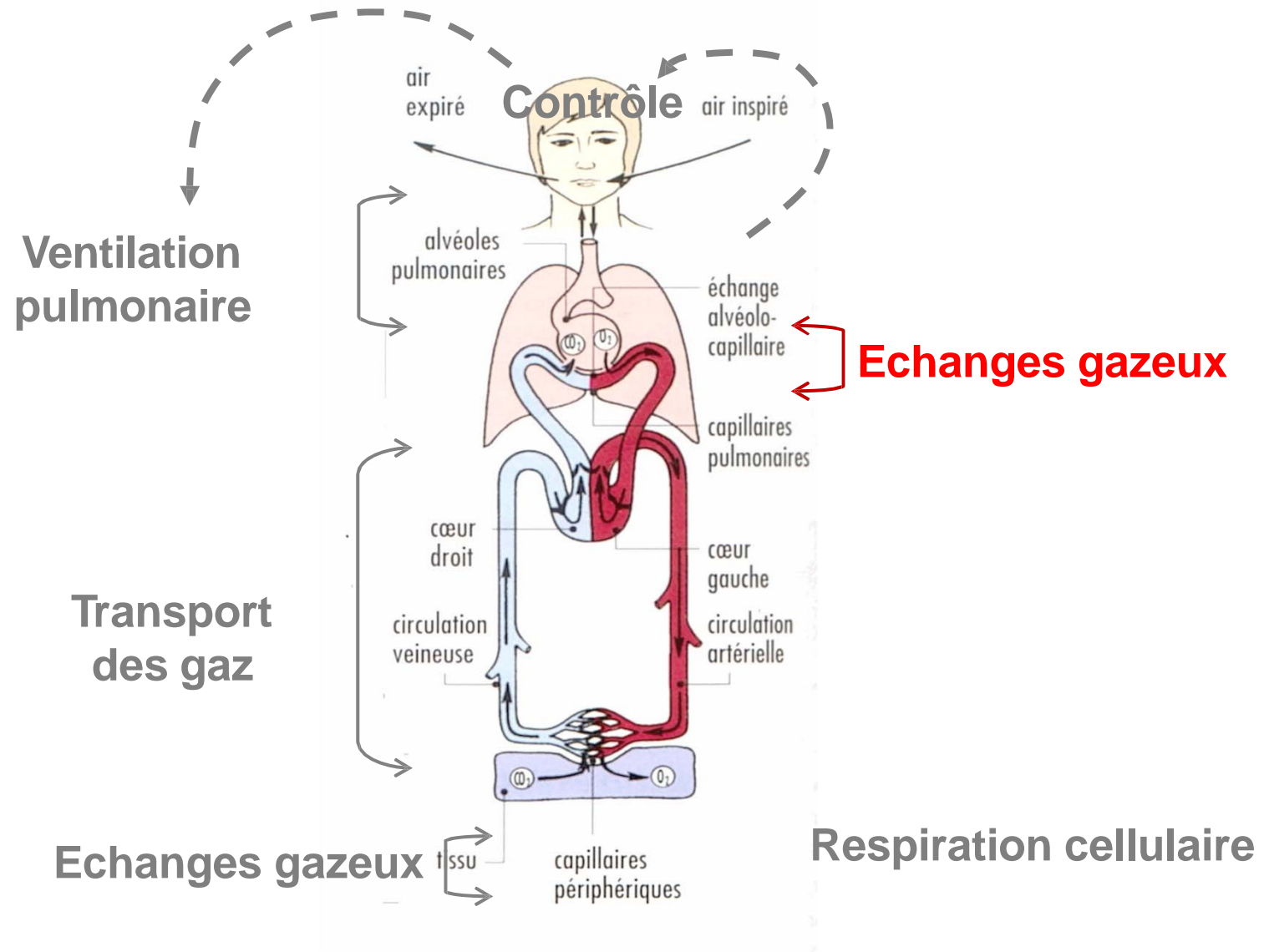


Les échanges gazeux

Dr.A.GUENDOUZ
Maitre assistant
Physiologie clinique &
explorations fonctionnelles

Echanges gazeux



Echanges gazeux alvéolo-capillaires

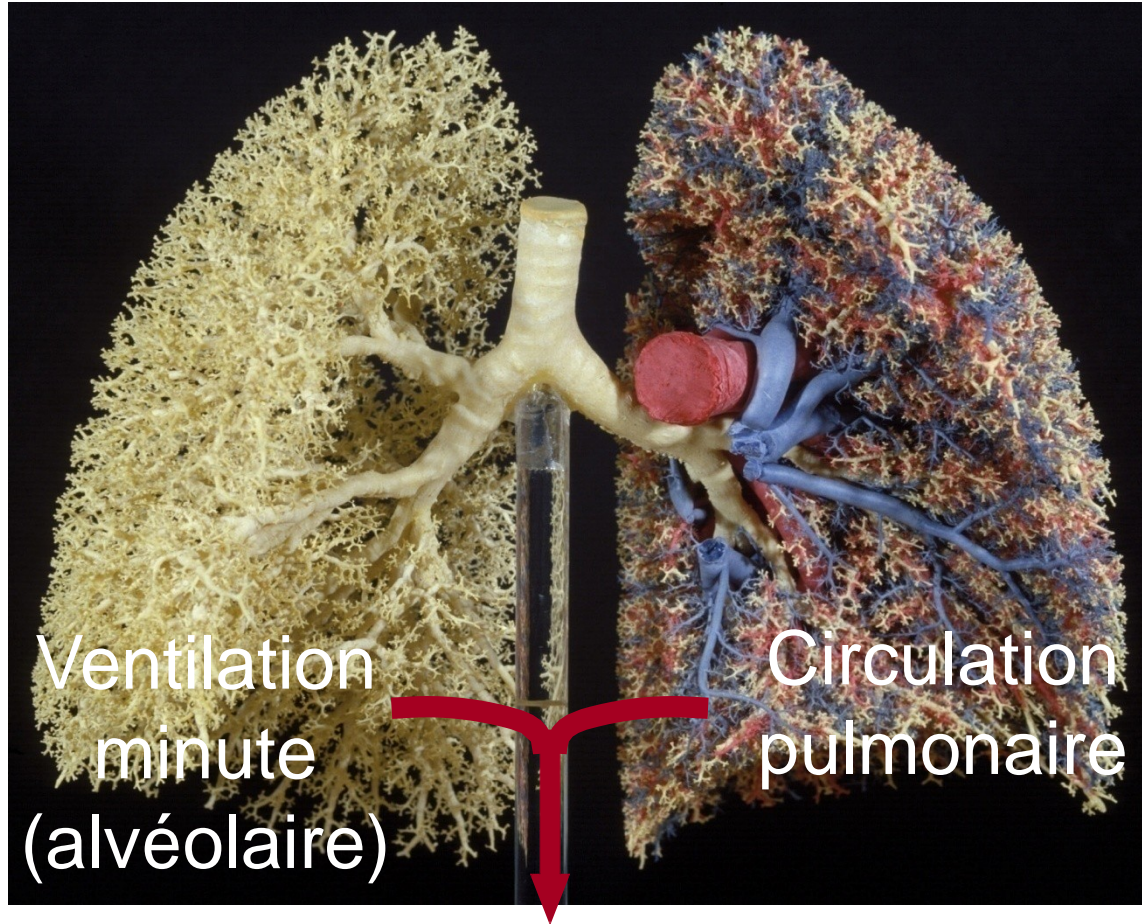
Moulage de
l'arbre bronchique

Moulage des
vaisseaux
pulmonaires

Ventilation
minute
(alvéolaire)

Circulation
pulmonaire

Echanges gazeux



Echanges gazeux alvéolo-capillaires

- Généralités
- Diffusion alvéolo-capillaire
 - Principes physiques
 - Diffusion de l'O₂ et du CO₂
- 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

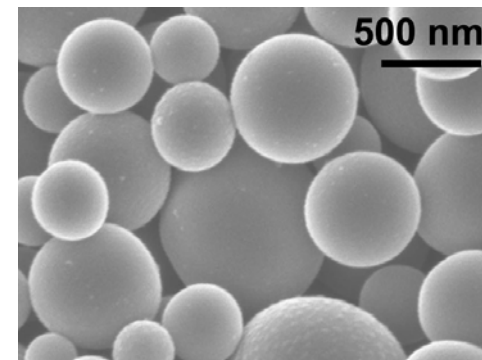
Oxygène
Dioxyde de carbone
Anesthésiques gazeux ou volatils
Toxiques (CO, alcool)



Ethylotest

Echanges non gazeux

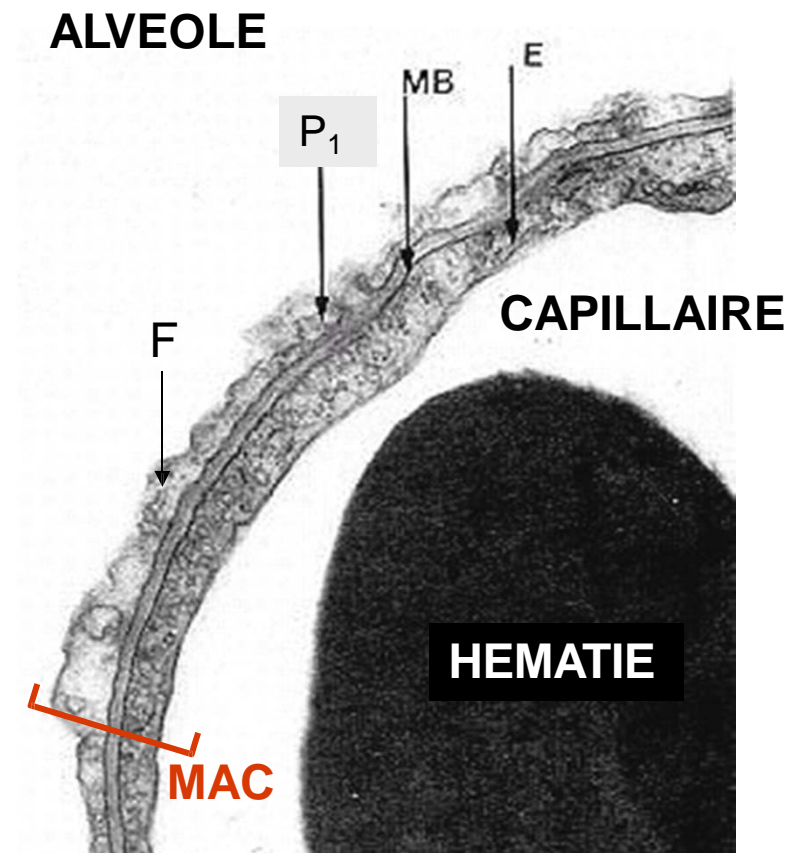
Cellules
Liquides
Particules



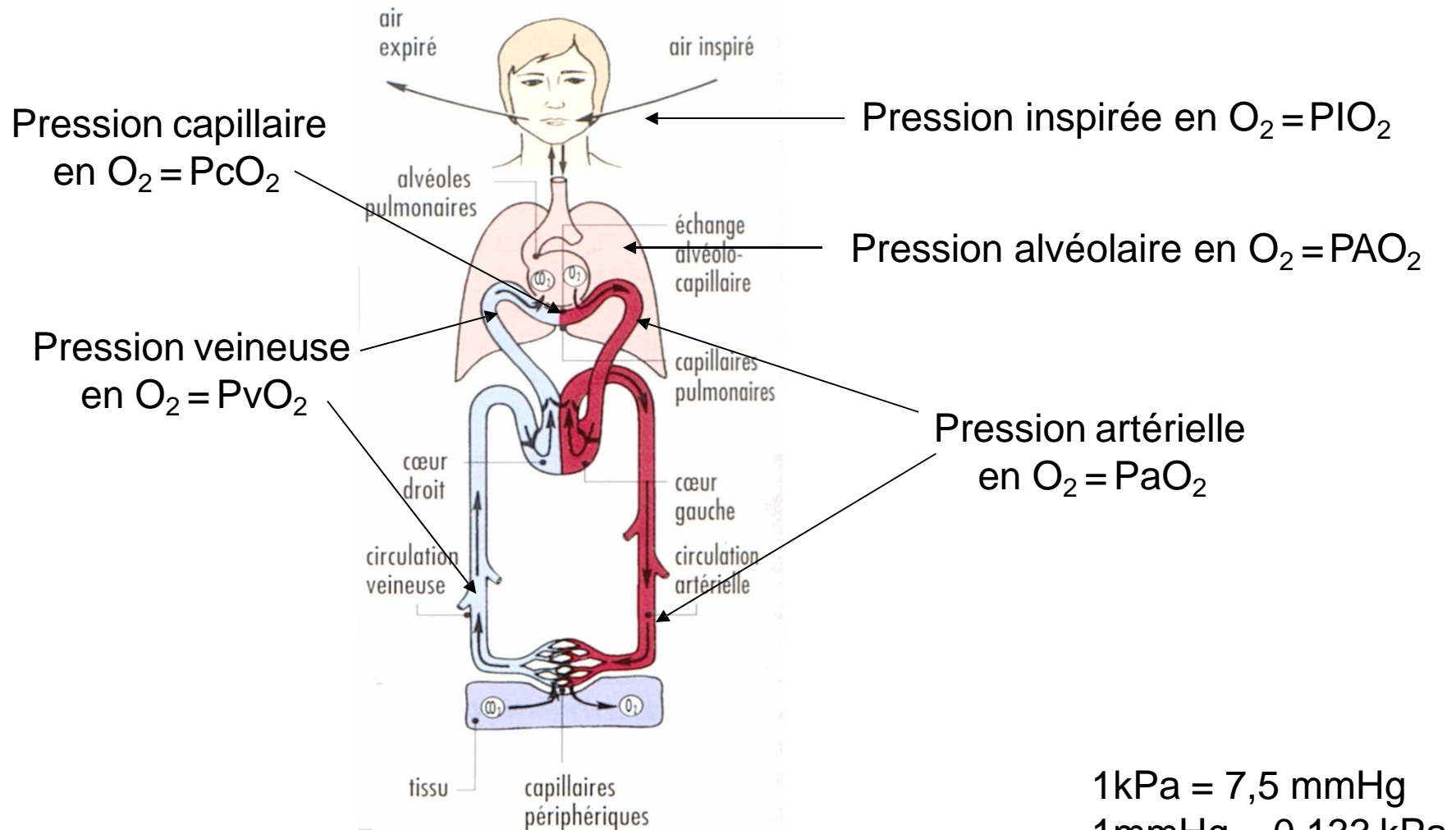
Nanoparticules de carbone

Généralités

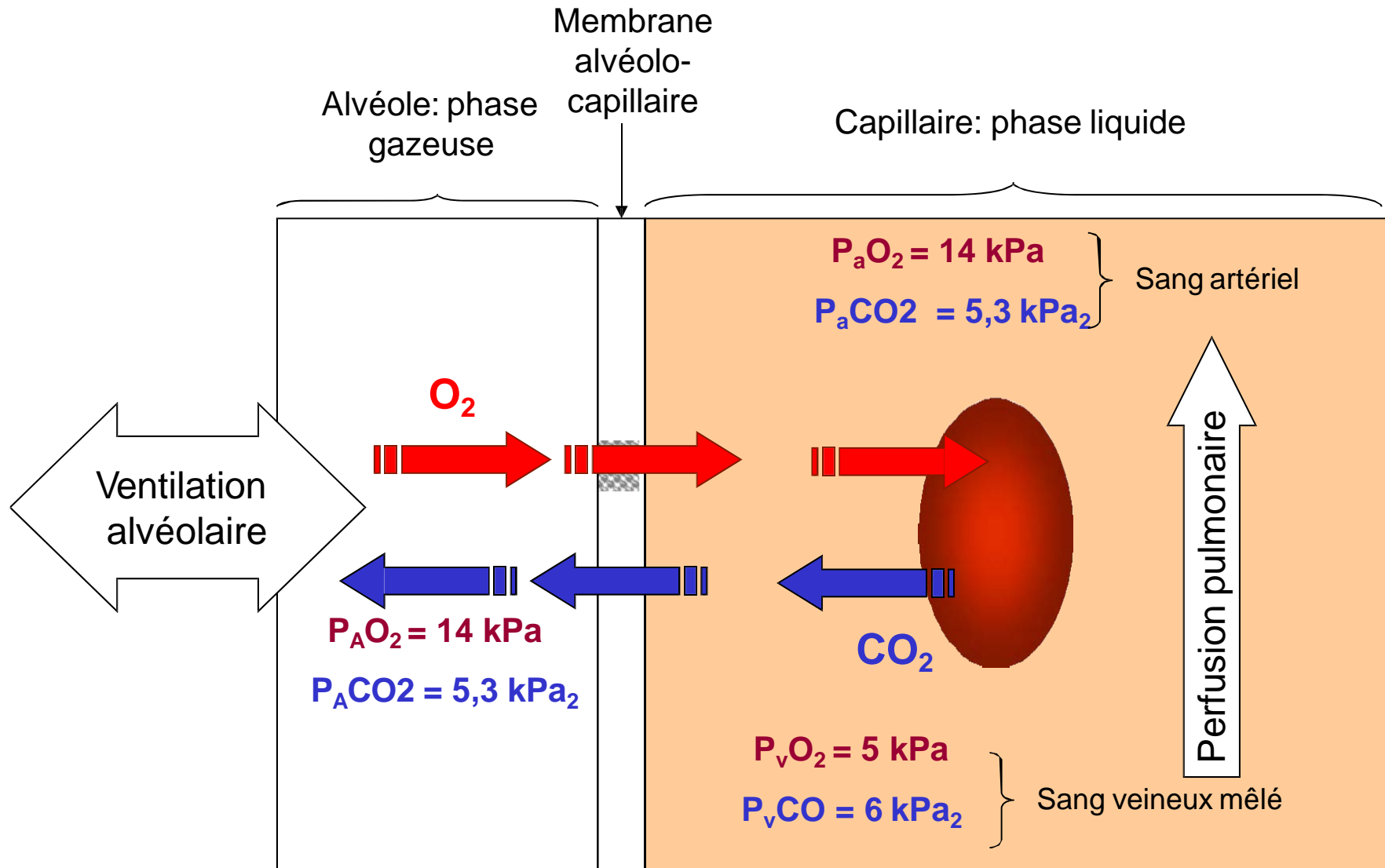
- Membrane alvéolo-capillaire (**MAC**)
 - épaisseur $\approx 0,3-0,5$
 - au minimum:
 - film liquidien alvéolaire (F)
 - bras d'un pneumocyte I (P1)
 - membranes basales fusionnées entre épithélium alvéolaire et capillaire (MB)
 - cellule endothéliale (E)



Généralités



Généralités

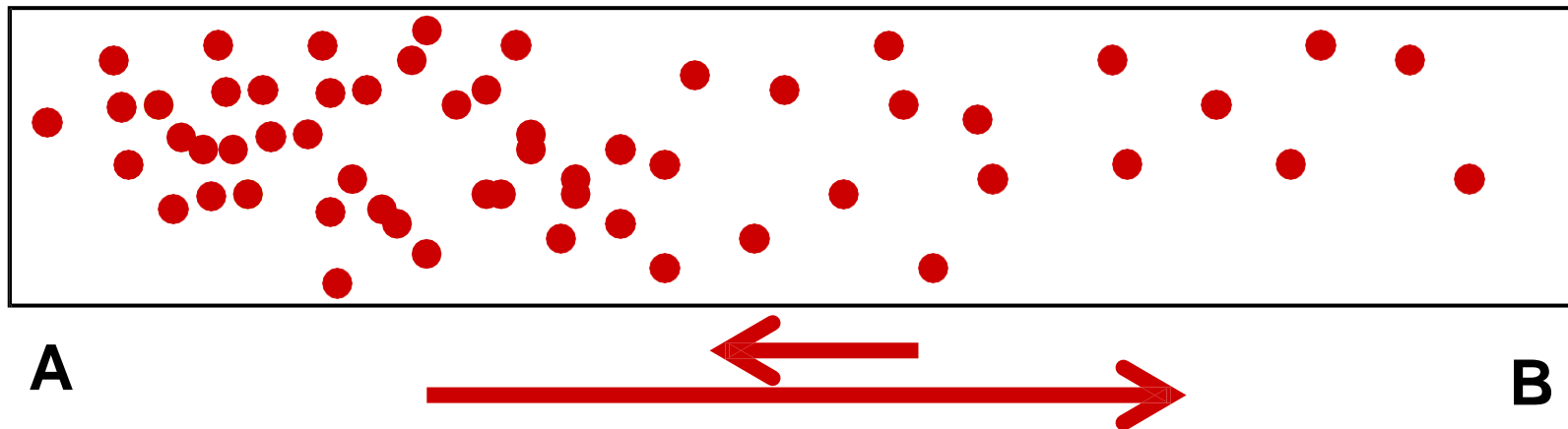


Echanges gazeux alvéolo-capillaires

- Généralités
- Diffusion alvéolo-capillaire
 - Principes physiques
 - Diffusion de l'O₂ et du CO₂
- Efficacité des échanges gazeux alvéolo-capillaires
 - Facteurs déterminants l'efficacité des échanges gazeux
 - Poumon idéal vs poumon réel
 - Rapports ventilation/perfusion

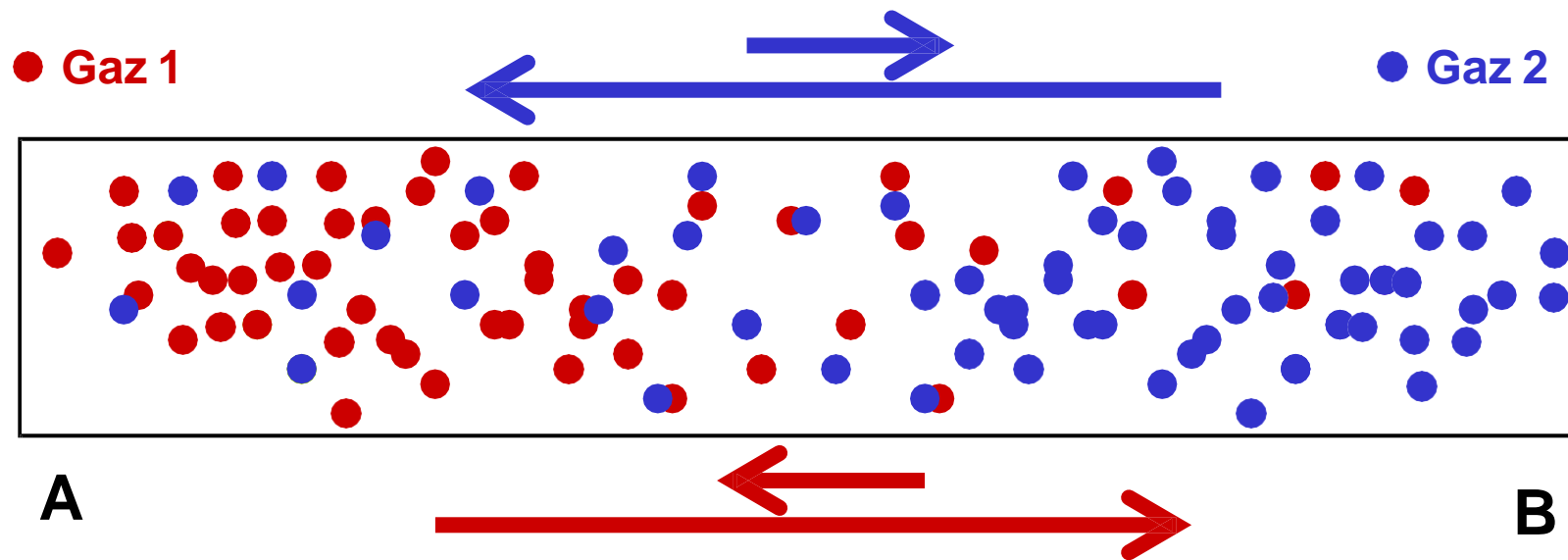
Principes de la diffusion

- 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



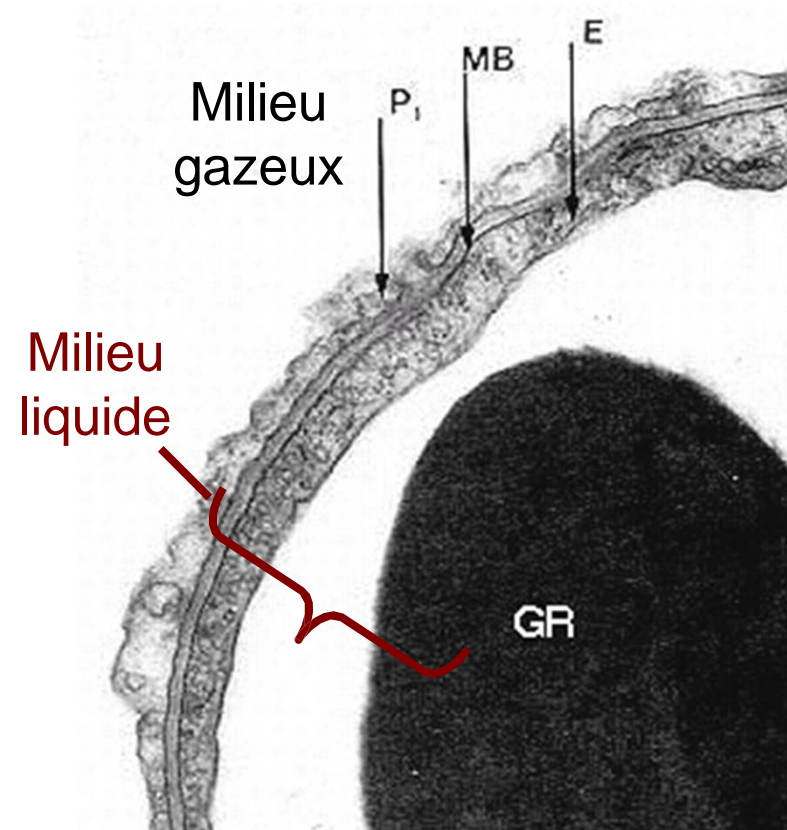
Principes de la diffusion

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



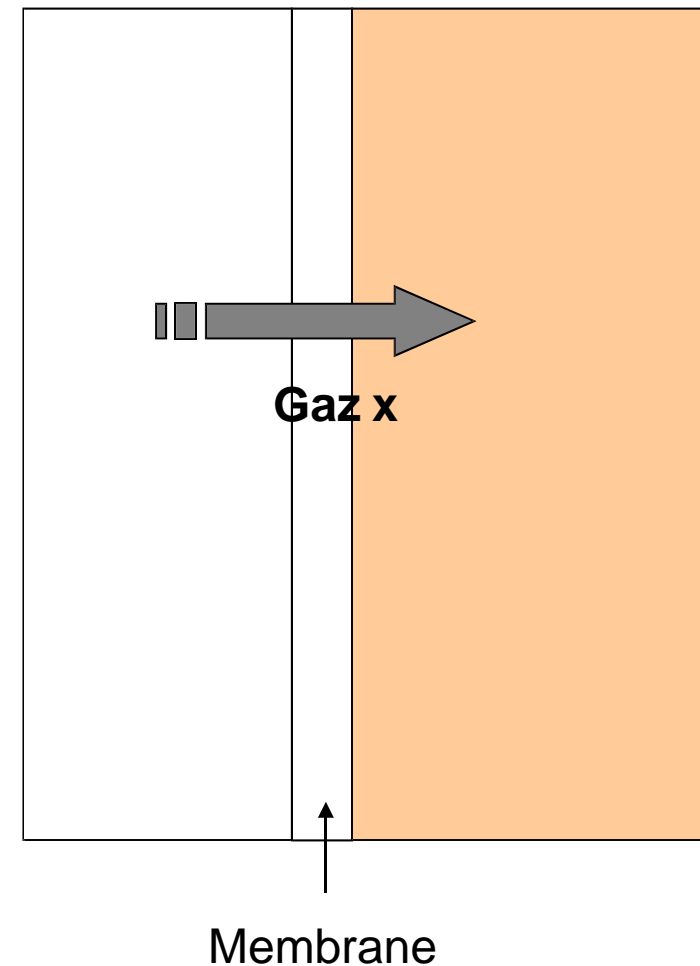
Principes de la diffusion

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



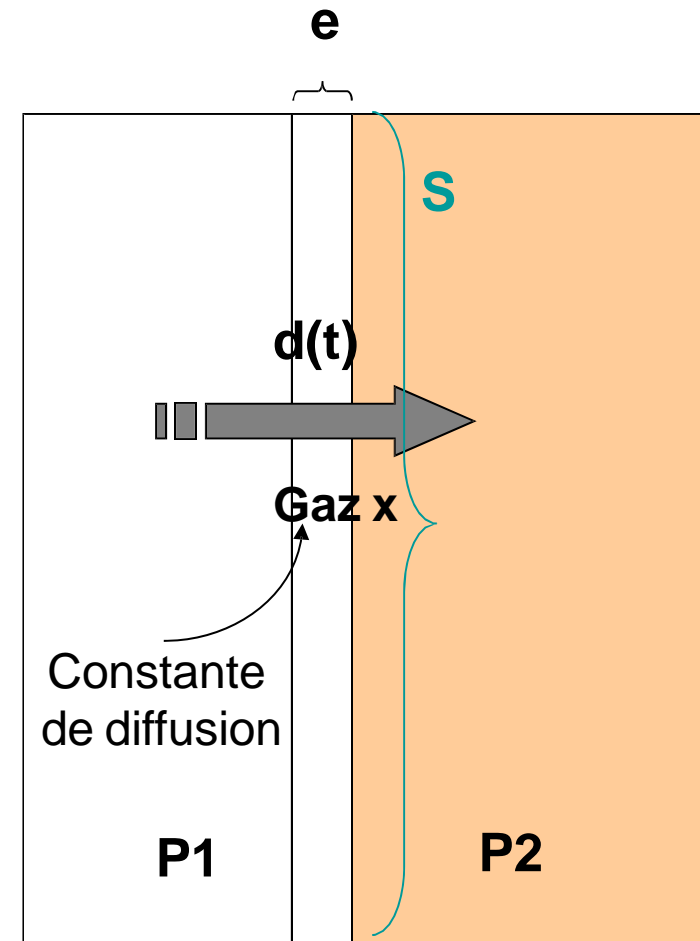
Principes de la diffusion

- 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



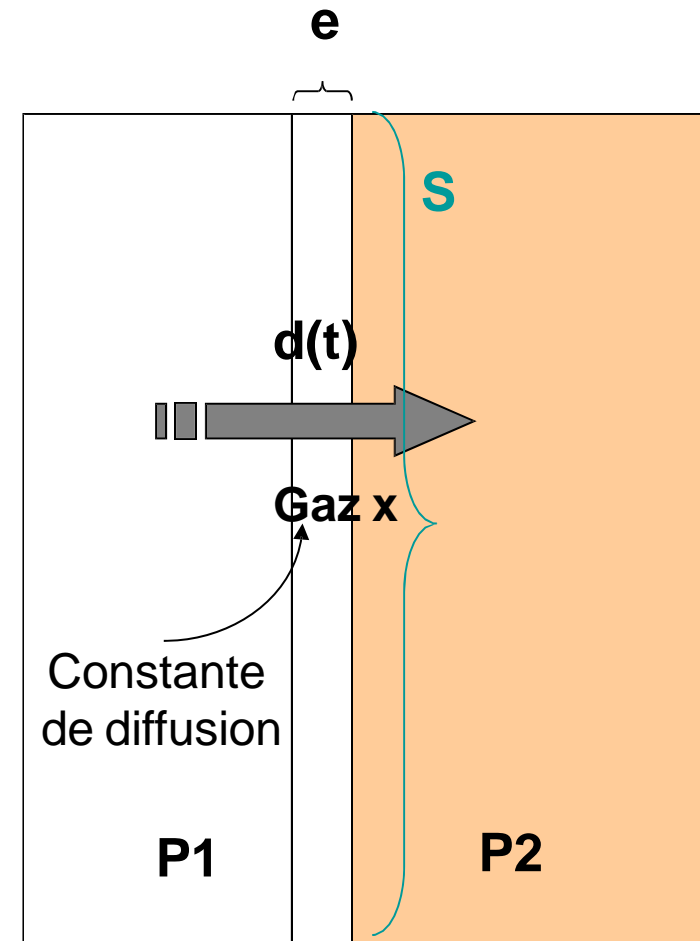
Principes de la diffusion

- 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



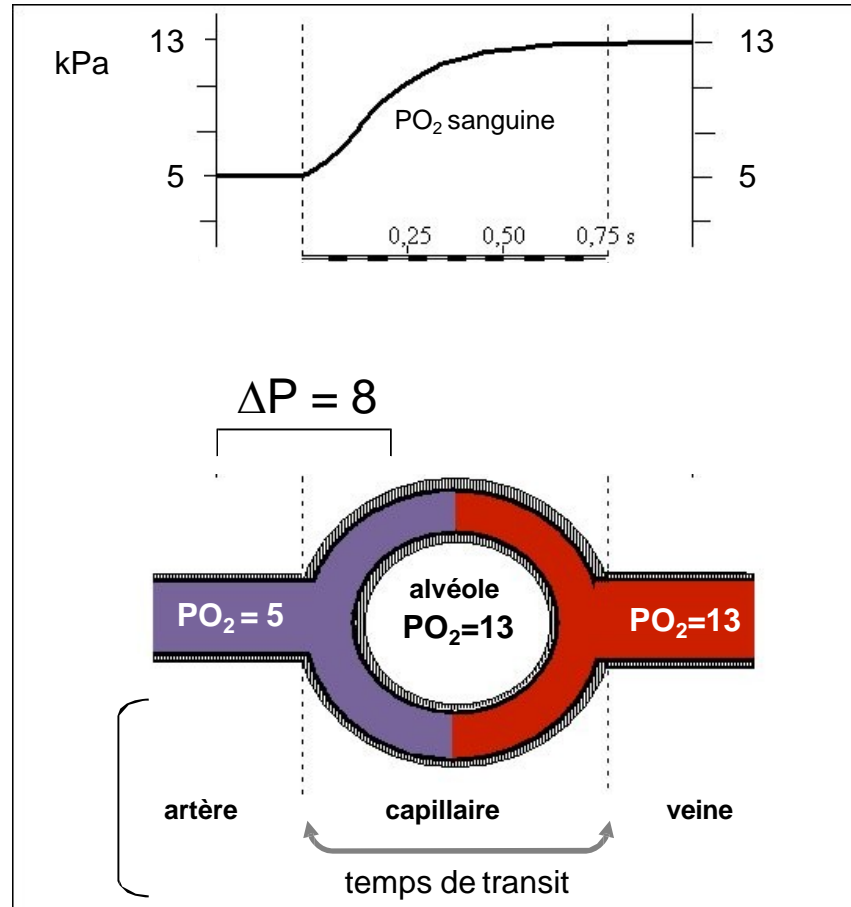
Principes de la diffusion

- 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 $\text{CO}_2 \gg \text{O}_2$



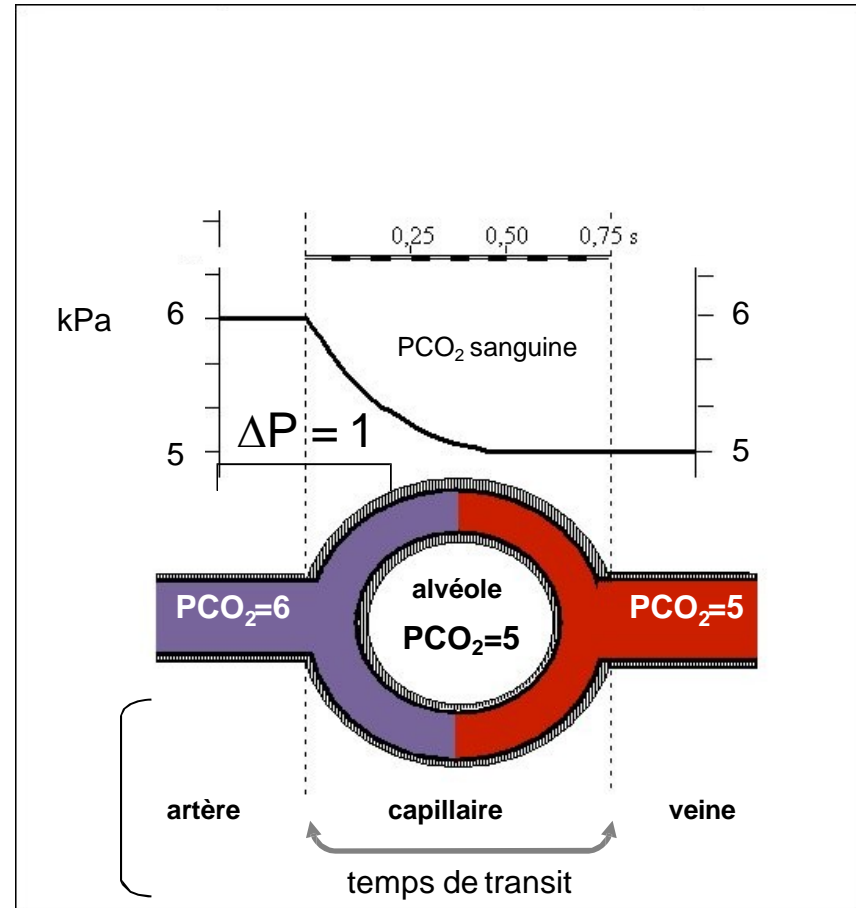
Diffusion alvéolo-capillaire

- Diffusion de l'O₂
 - **Grande ΔP** 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 CO_2
 - Faible ΔP 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'O₂ et du CO₂
- 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

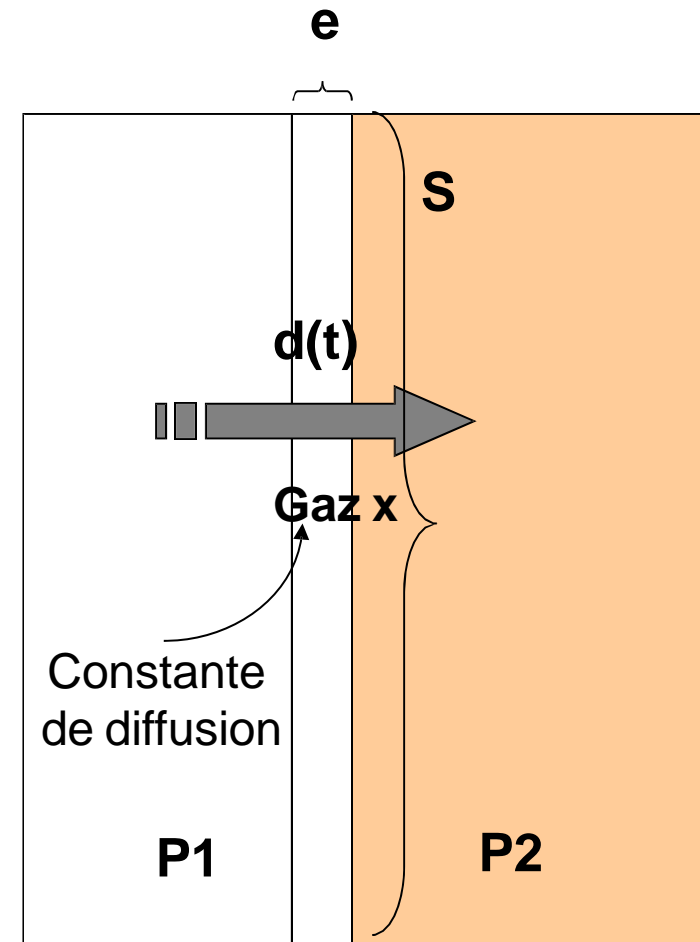
- Les échanges gazeux alvéolo-capillaires dépendent de:
 - Ventilation alvéolaire
 - Diffusion alvéolo-capillaire
 - Perfusion pulmonaire
 - Rapport ventilation/perfusion

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 m²
 - fonctionnelle = alvéoles normaux + capillaires normaux
 - épaisseur
 - anatomique = 0,5 µm
 - fonctionnelle = toutes les étapes de la diffusion

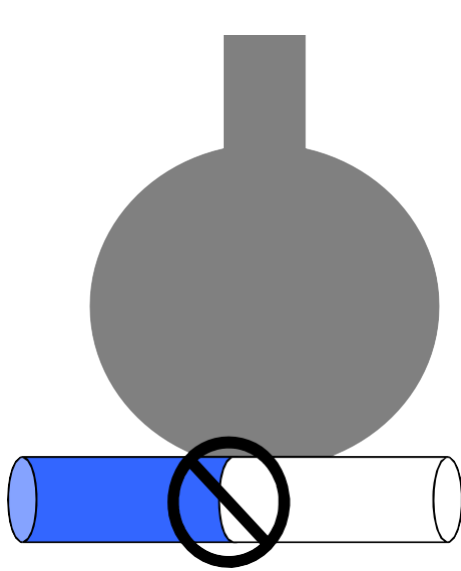
Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Anomalie possible de la diffusion si modification de:
 - **surface**
 - **épaisseur**
 - **temps de contact**

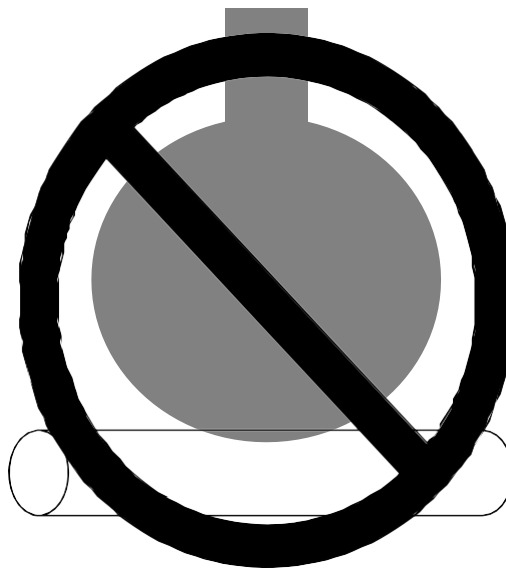


Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

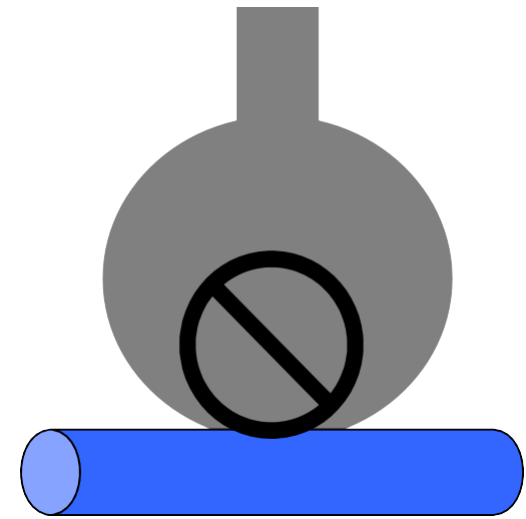
- Modification de la taille de la surface d'échange



Amputation
circulatoire



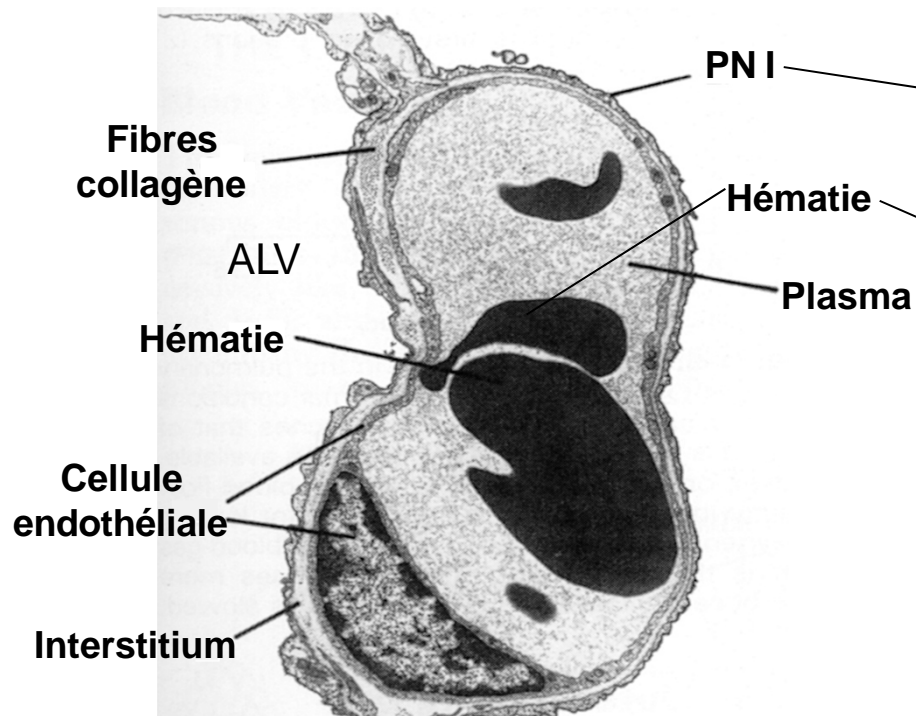
Amputation
globale



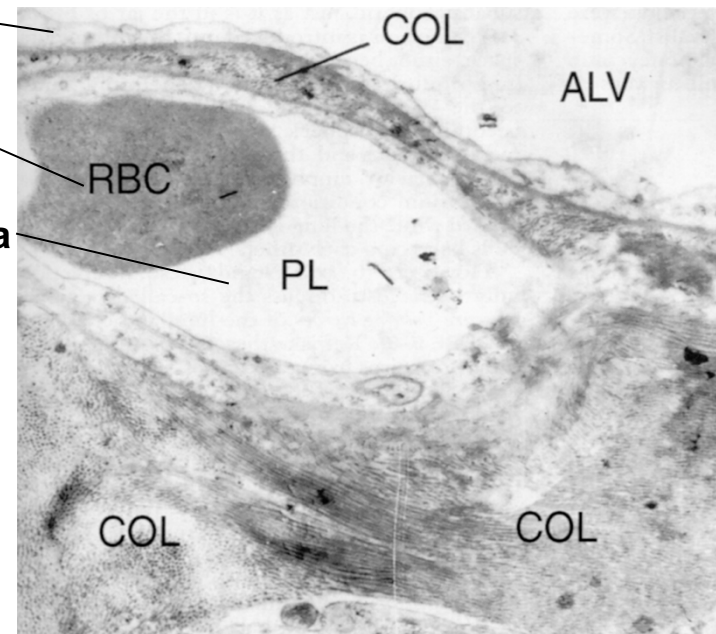
Amputation
ventilatoire

Efficacité 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



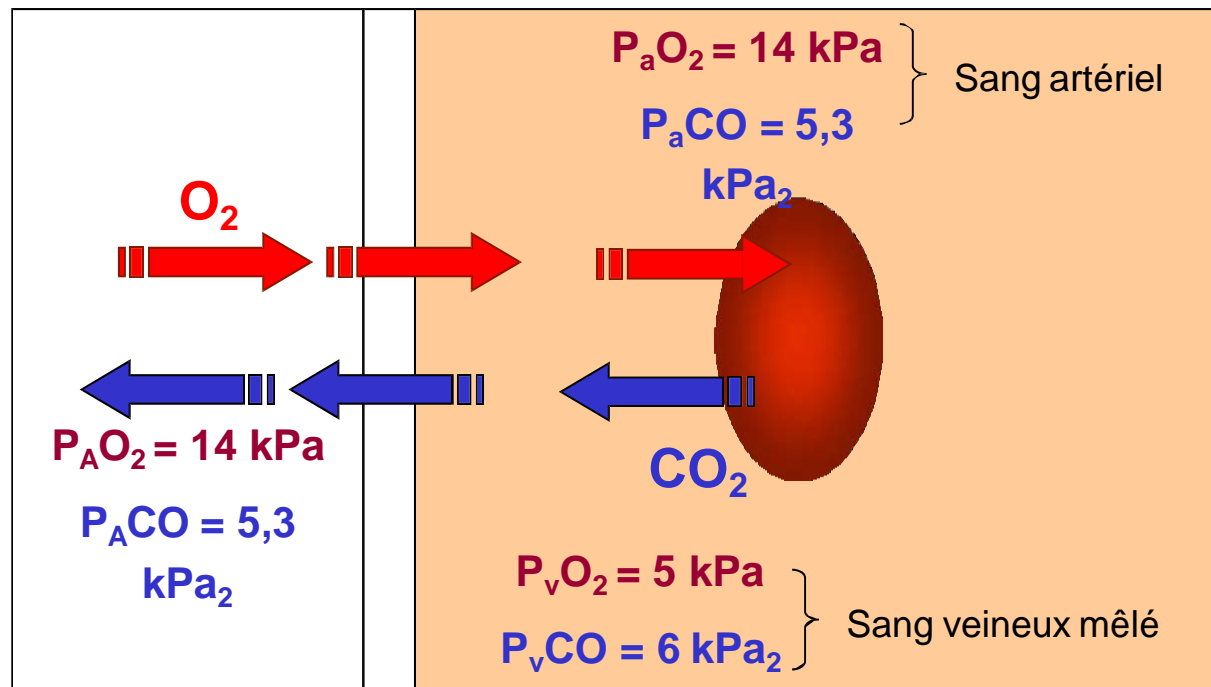
Poumon normal



Fibrose pulmonaire

Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

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

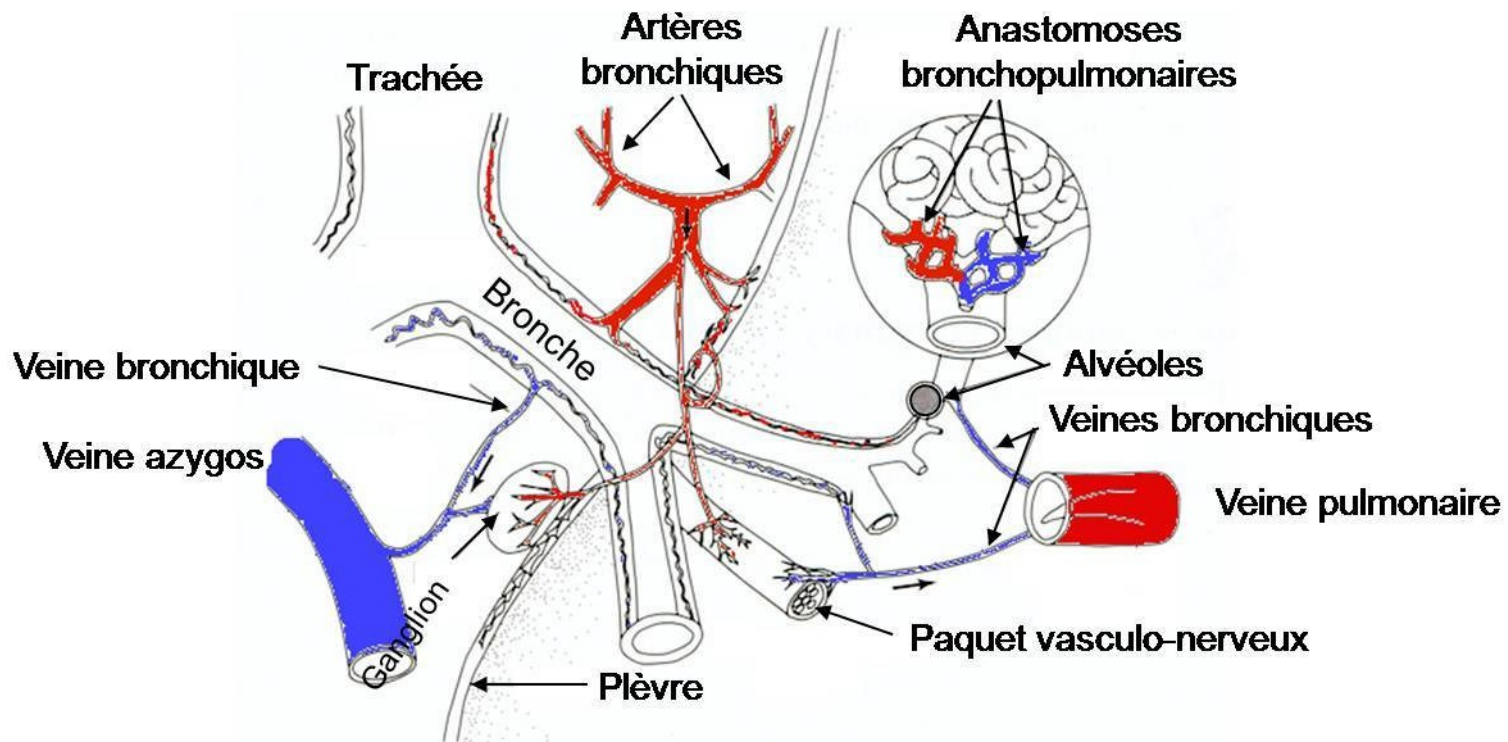


Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Poumon **réel** normal
 - $PAO_2 = 14 \text{ kPa}$, $PaO_2 = 13 \text{ kPa}$
 - $PA CO_2 = 5 \text{ kPa}$, $PaCO_2 = 5 \text{ kPa}$
- 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

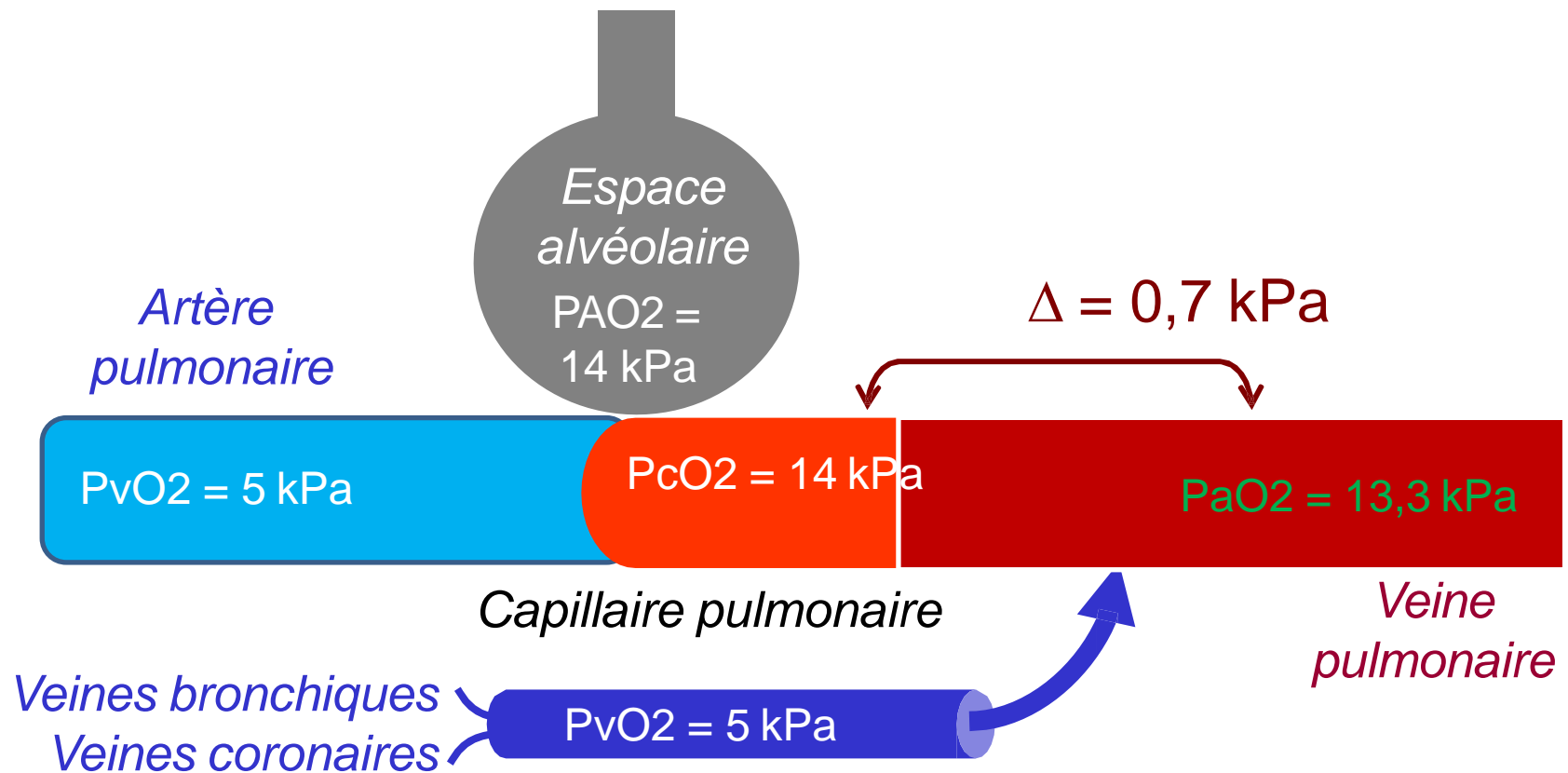
Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

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



Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

- Shunt sanguin anatomique



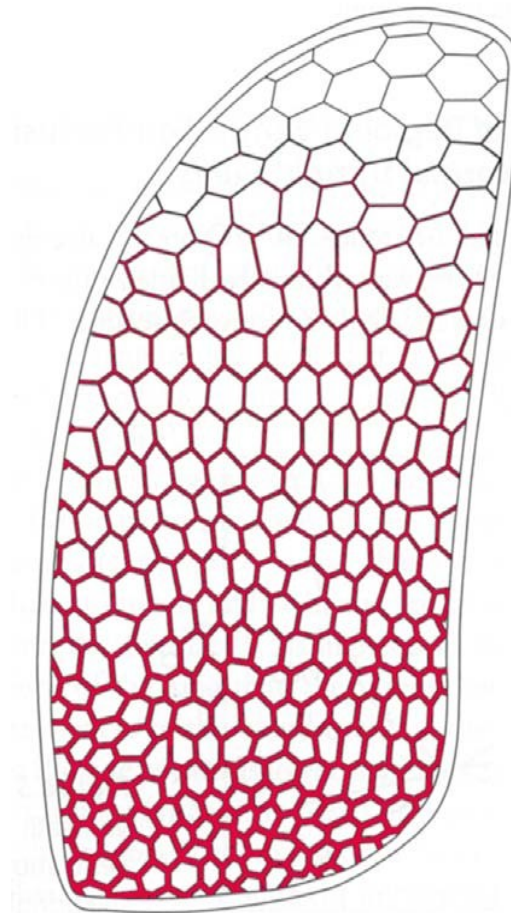
Effacité des échanges alvéolo-capillaires

- Inégalités du rapport ventilation/perfusion

Ventilation

Alvéoles distendus,
moins compliants
Ventilation moindre

Alvéoles non distendus,
compliants
Ventilation plus élevée



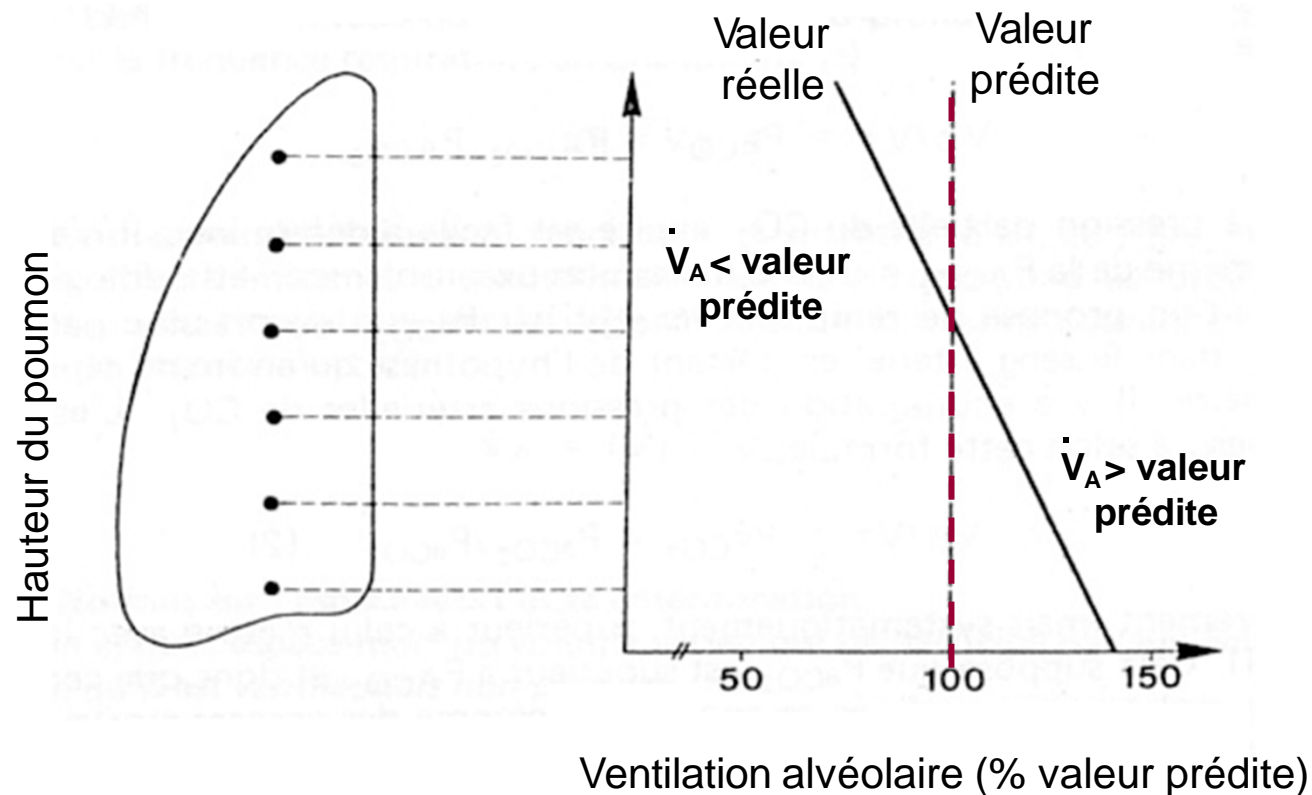
Perfusion

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

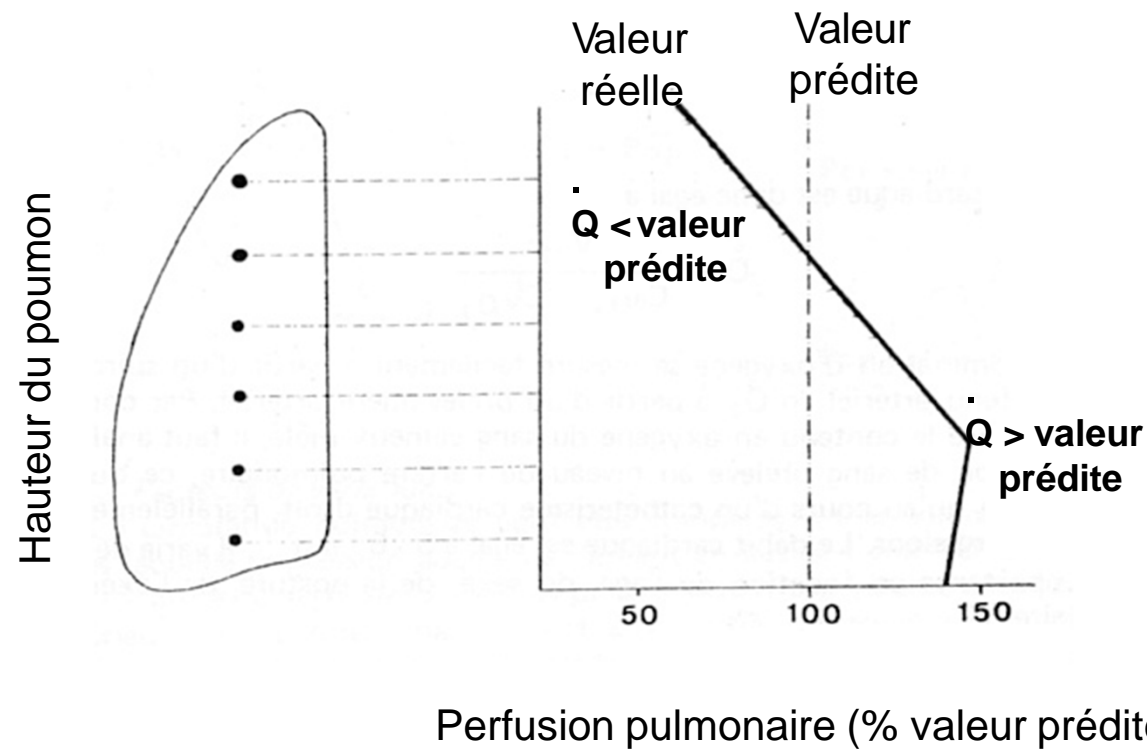
Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

Distribution régionale de la ventilation alvéolaire en position debout



Efficacité des échanges alvéolo-capillaires

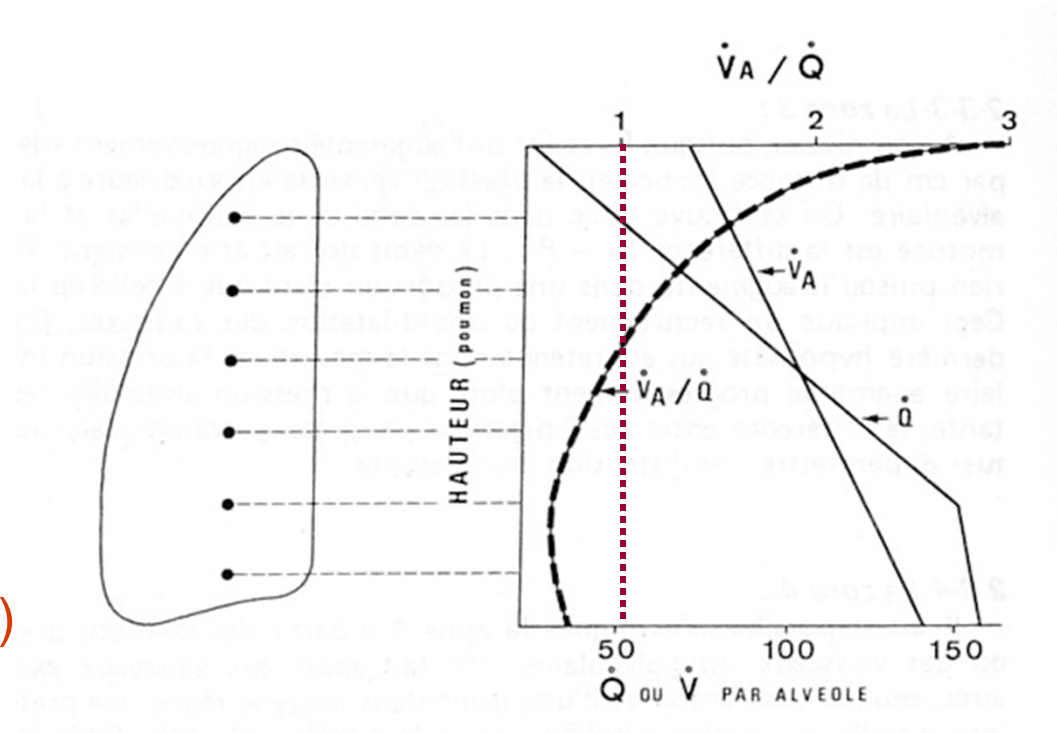
Distribution régionale de la perfusion en position debout



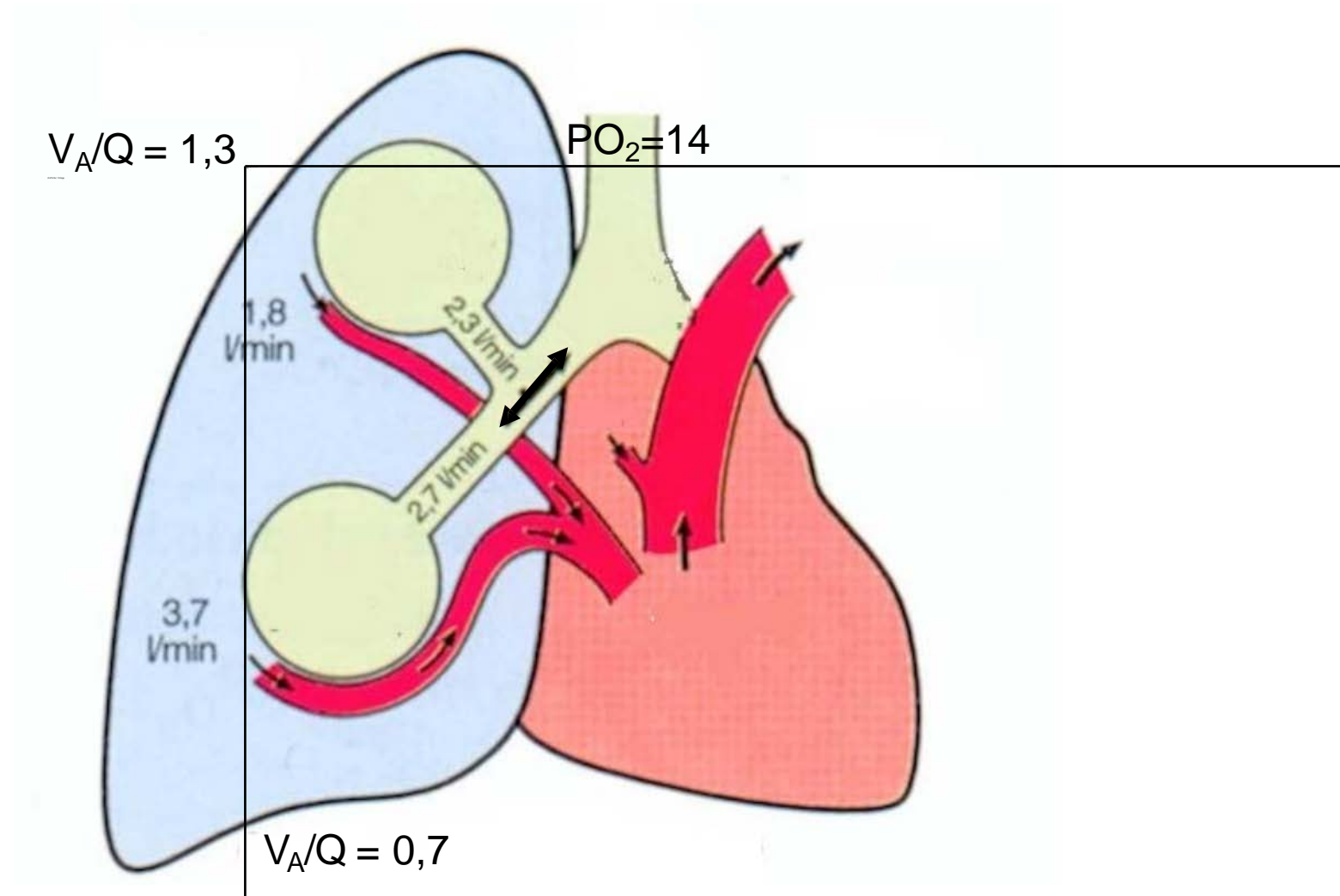
Rapports ventilation/perfusion

- 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



Efficacité 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'O₂ 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