



Explorations Fonctionnelles Respiratoires

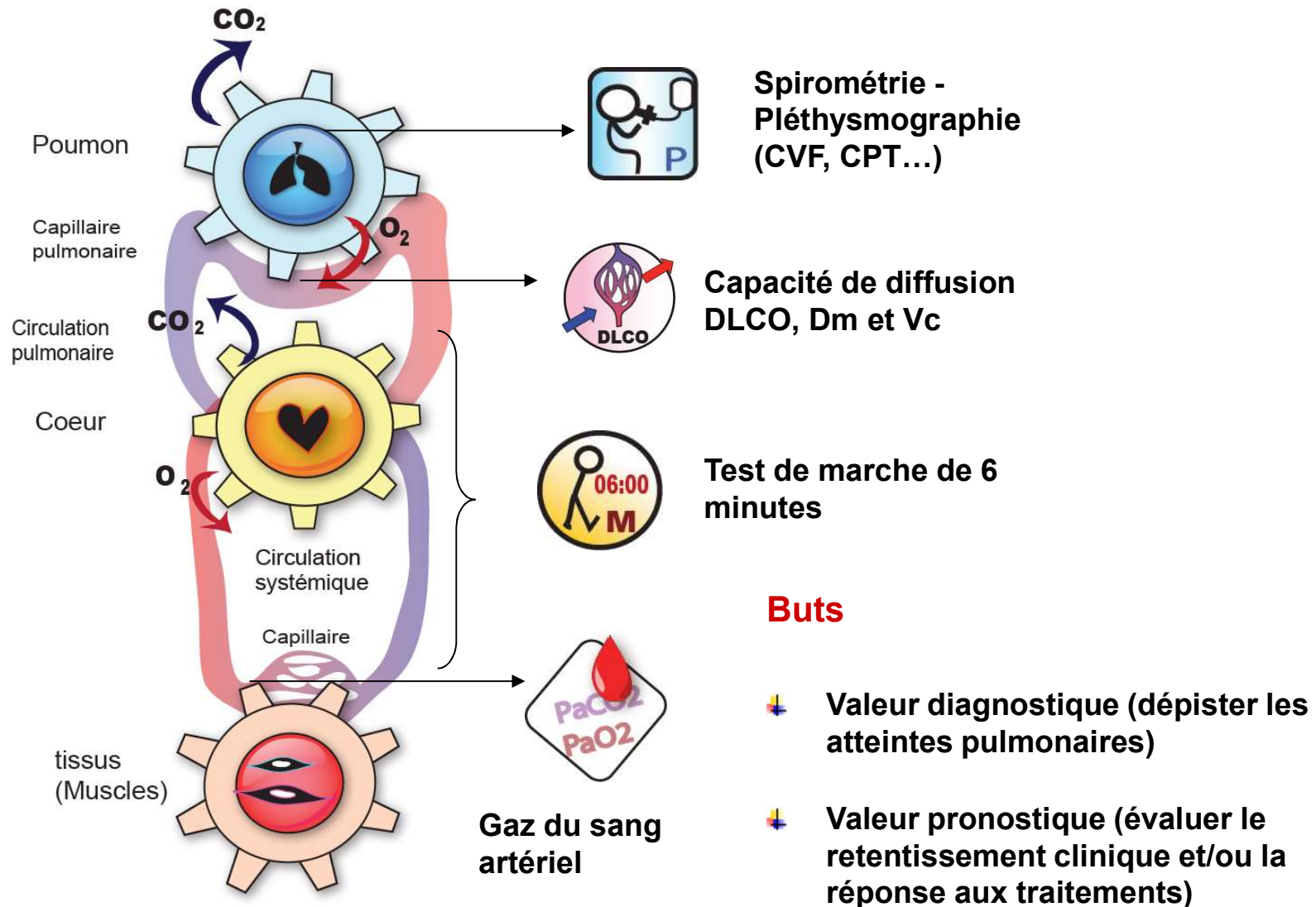


A.T. Dinh-Xuan
Service de Physiologie-Explorations Fonctionnelles
Hôpital Cochin

10 mai 2019
Du Maladies Systémiques & Maladies Auto-Immunes

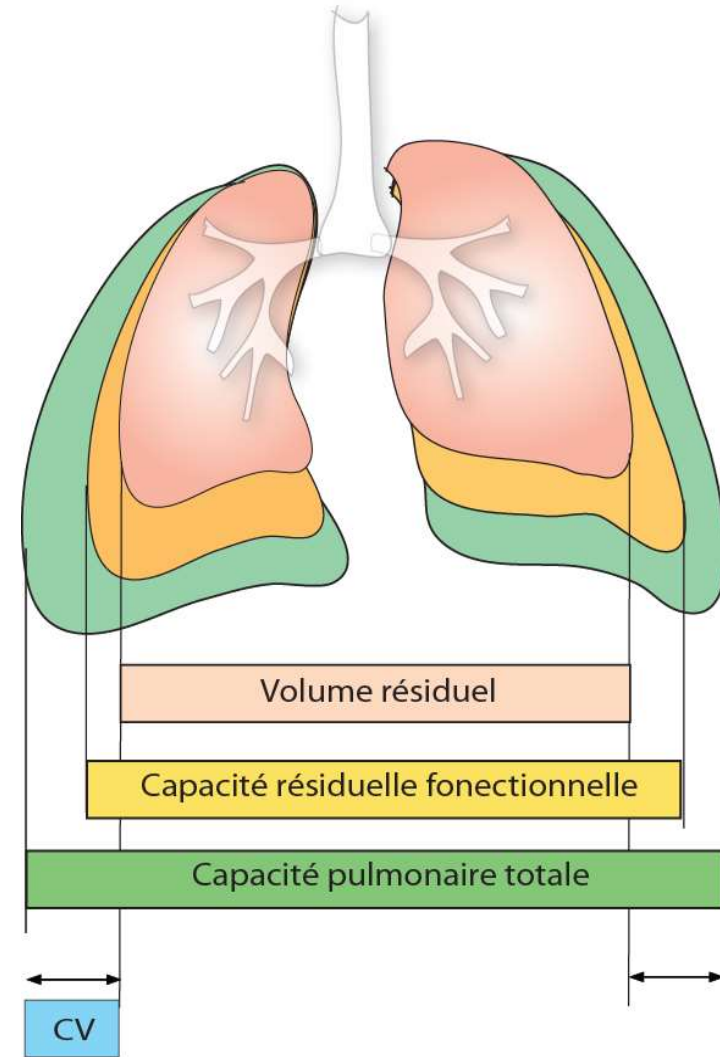
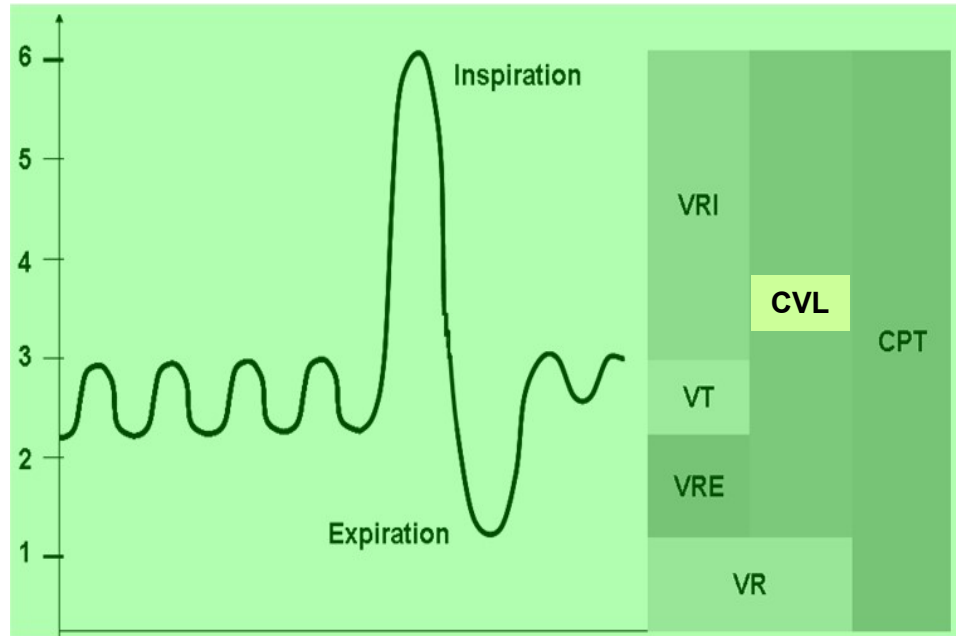


Pourquoi explorer ?



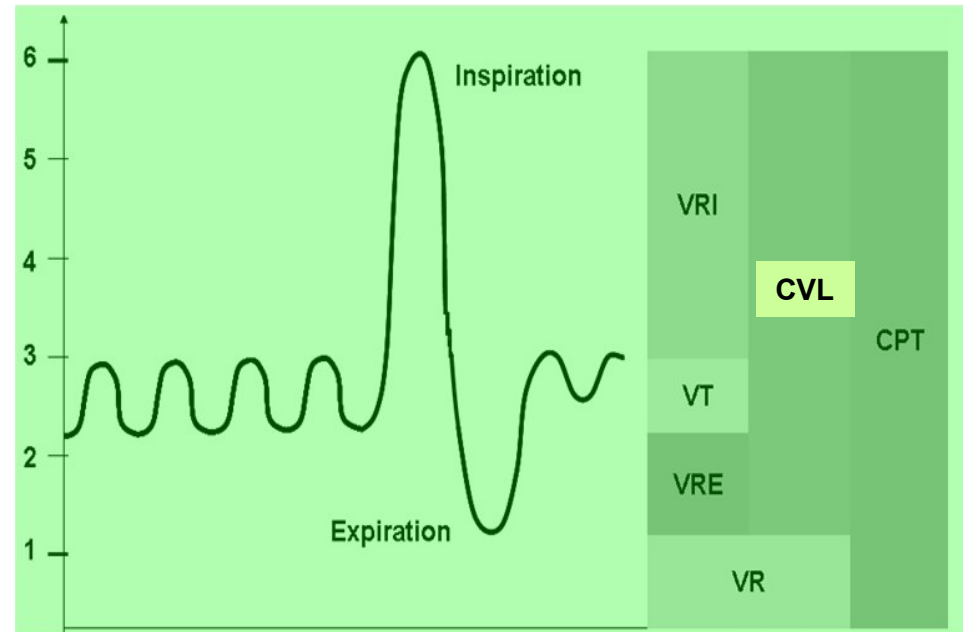
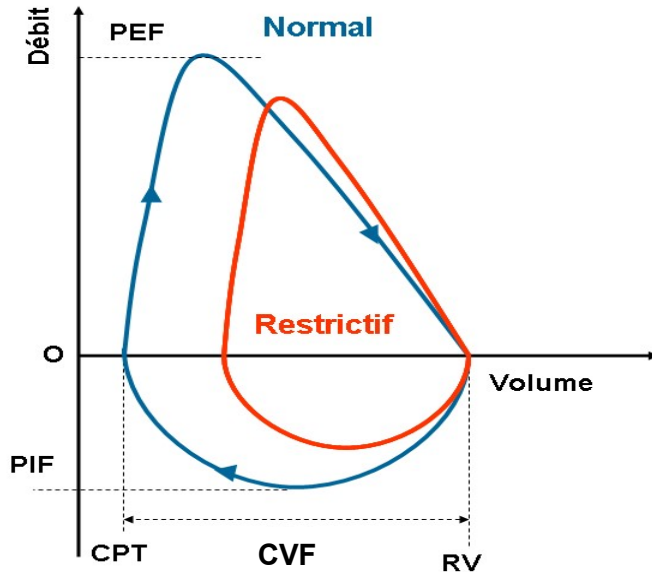


Ventilation pulmonaire : Mesure des volumes





Ventilation : Mesure des volumes pulmonaires et des débits respiratoires



Capacité vitale: tous les volumes mobilisables

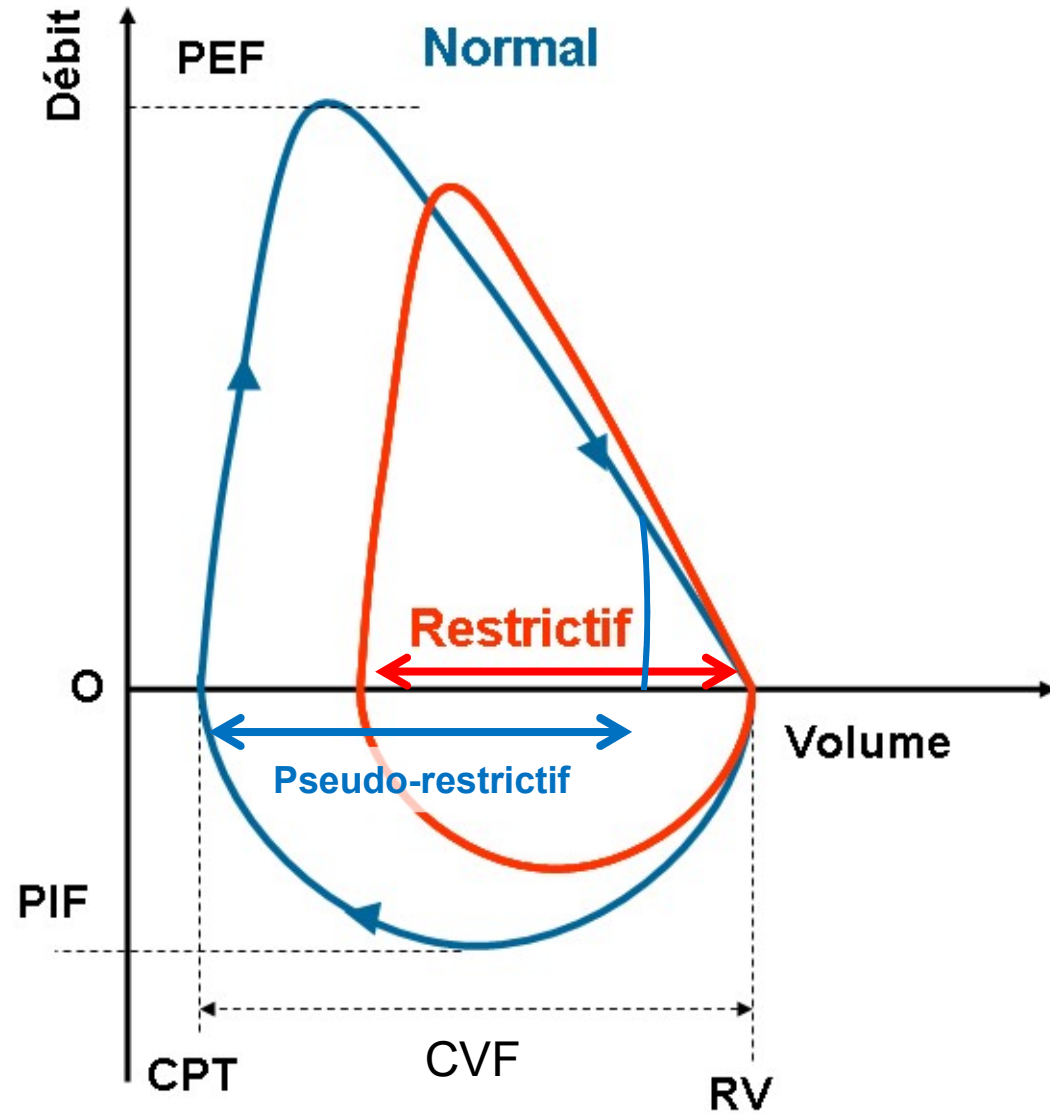
$$CV = VT + VRE + VRI$$

CVF est mesurée lors d'une expiration forcée (Courbe de débit-volume)

Capacité pulmonaire totale

$$CPT = CV + VR$$

L'atteinte pulmonaire dans la SSC est définie par un trouble ventilatoire **restrictif**
CPT < 80% des valeurs théoriques (et/ou CVF < 80%)



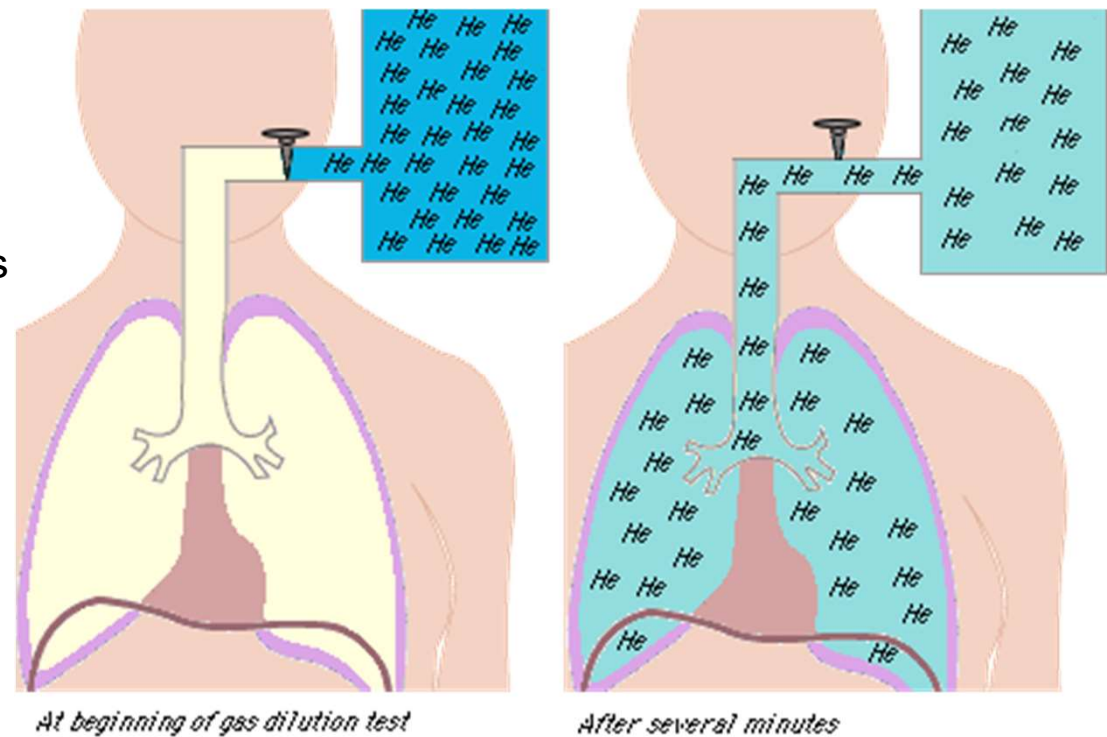


Dilution à l'Hélium

Capacité résiduelle fonctionnelle :
volume d'air restant dans les poumons
à la fin d'une expiration normale.

$$CRF = VRE + VR$$

Pléthysmographie ou Dilution à
l'Hélium



$$V_{\text{SPIR}} \cdot C_1 = V_x \cdot C_2 \quad V_x = VR + VRE$$

$$VR = \frac{V_{\text{SPIR}} \cdot C_1}{C_2} - VRE - V_{\text{SPIR}}$$

Méthode de dilution à l'hélium (gaz inerte)



Pléthysmographie corporelle totale



Pléthysmographie

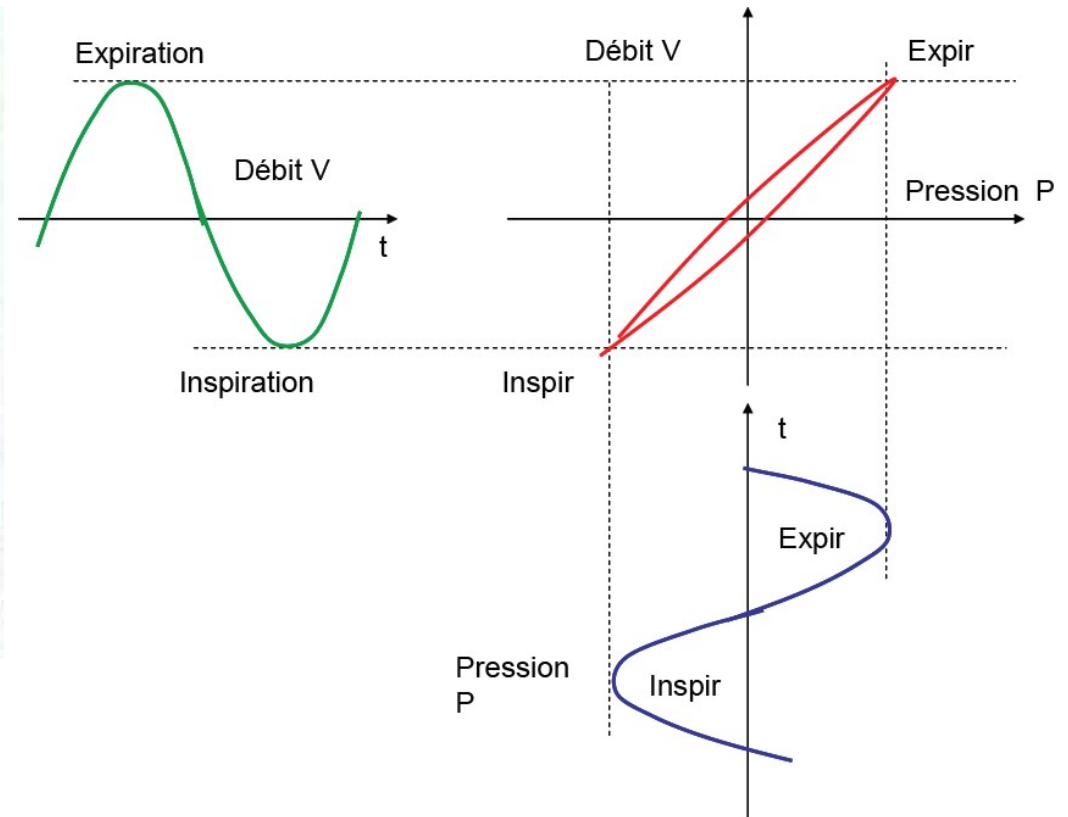
PV = Constant (Boyle)

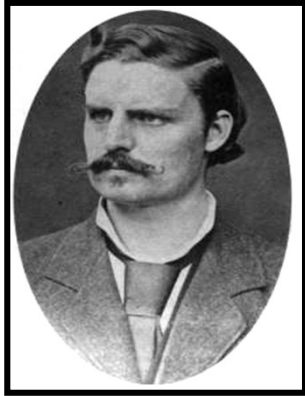
$$\rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\rightarrow \text{CRF. } P_B = (\text{CRF} + \Delta V) \times (P_B + \Delta P)$$

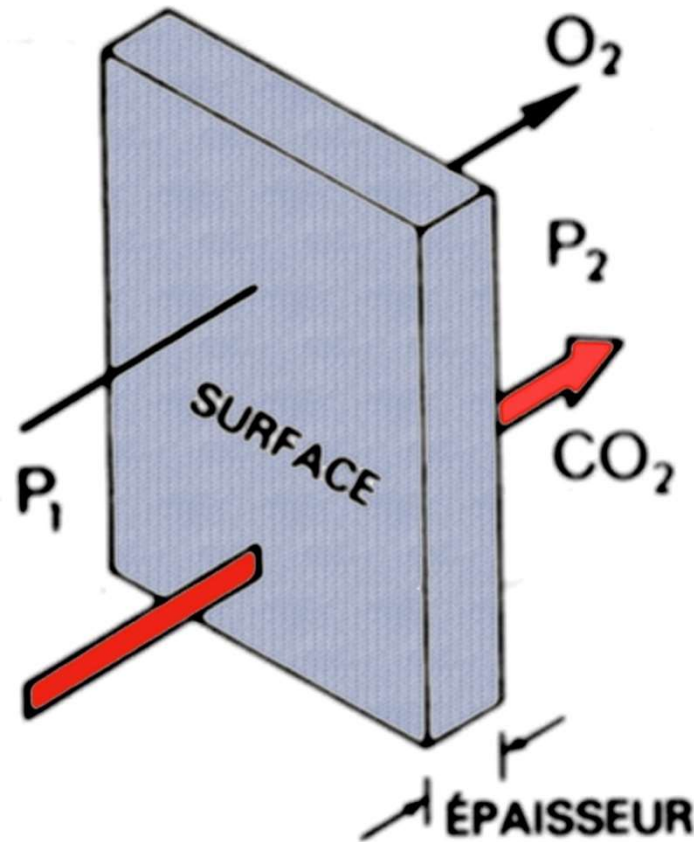
Simplifié : $\text{CRF} = - (\Delta V / \Delta P) \times (P_B + \Delta P)$

$\Delta V / \Delta P$: pente de la courbe Pression/Volume = Compliance pulmonaire





Adolf Eugene FICK
(1829 -1901)

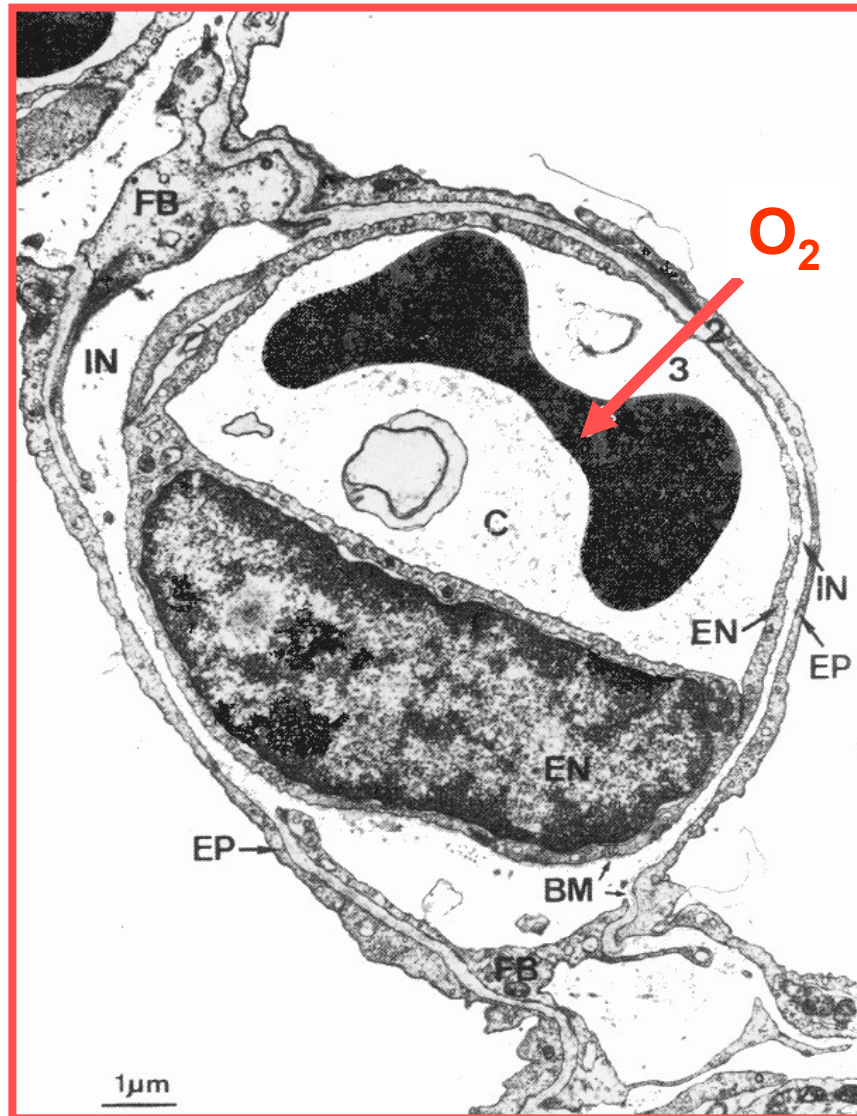


Tous les gaz passent à travers la paroi alvéolaire par **diffusion passive**.

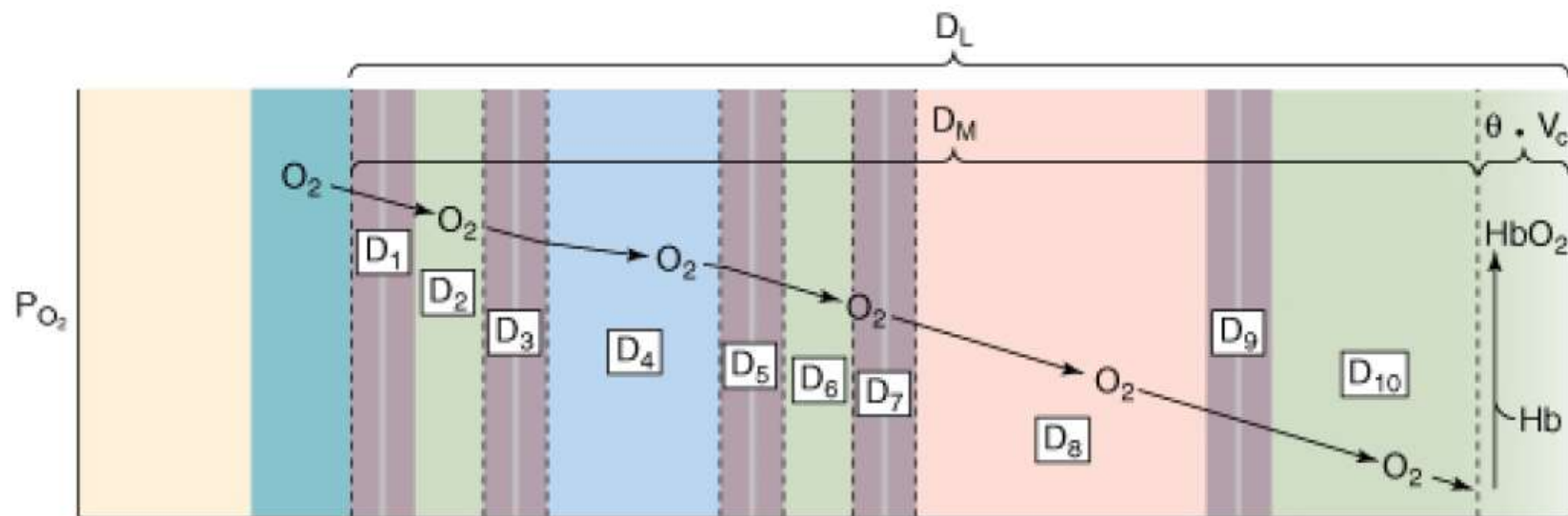
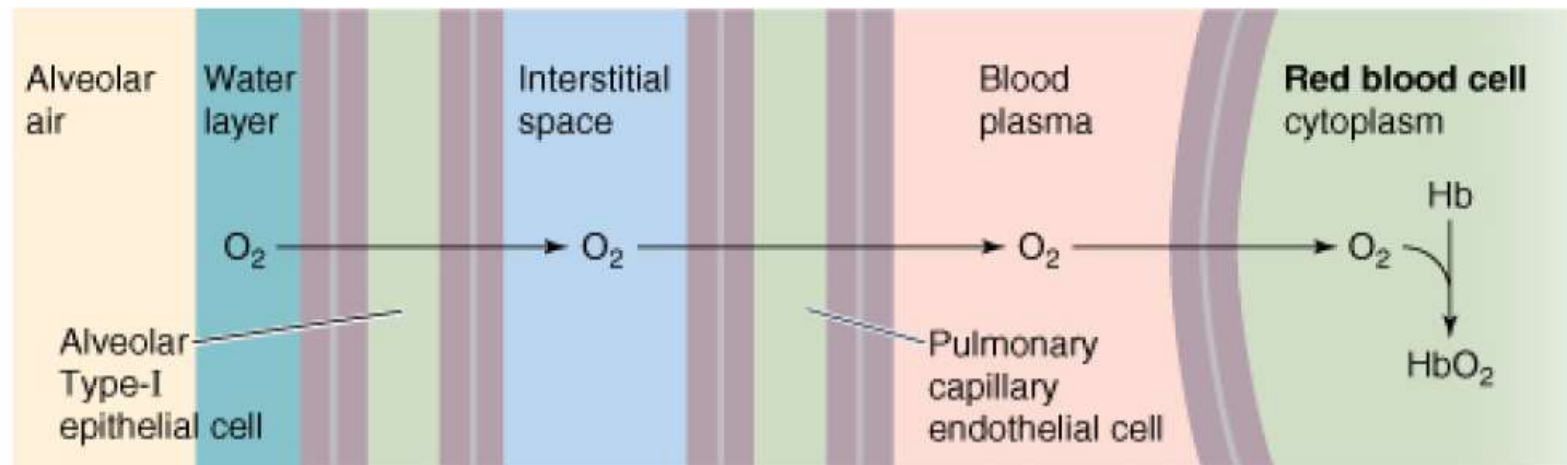
Le débit de transfert d'un gaz à travers une couche de tissu (Loi de Fick) est :

1. proportionnel à la **surface** du tissu
2. proportionnel à la **différence de pression** partielle du gaz de part et d'autre de la barrière alvéolo-capillaire
3. proportionnel à la **solubilité** du gaz
4. inversement proportionnel à l'**épaisseur** du tissu
5. inversement proportionnel à son **poids moléculaire**

La barrière alvéolo-capillaire



1. Surfactant
2. Épithélium alvéolaire
3. Espace interstitiel
4. Endothélium capillaire
5. Plasma (du capillaire pulmonaire)
6. Milieu intérieur du globule rouge
7. Hémoglobine



Diffusion

$$\dot{V}_{\text{gaz}} = \frac{S}{E} \times \Delta P \times D$$

$$D \approx \frac{\text{Sol}}{\sqrt{PM}}$$

$$\dot{V}_{\text{gaz}} = D_{L,\text{gaz}} \times \Delta P$$

$$D_{L,\text{gaz}} = \frac{S}{E} \times D$$

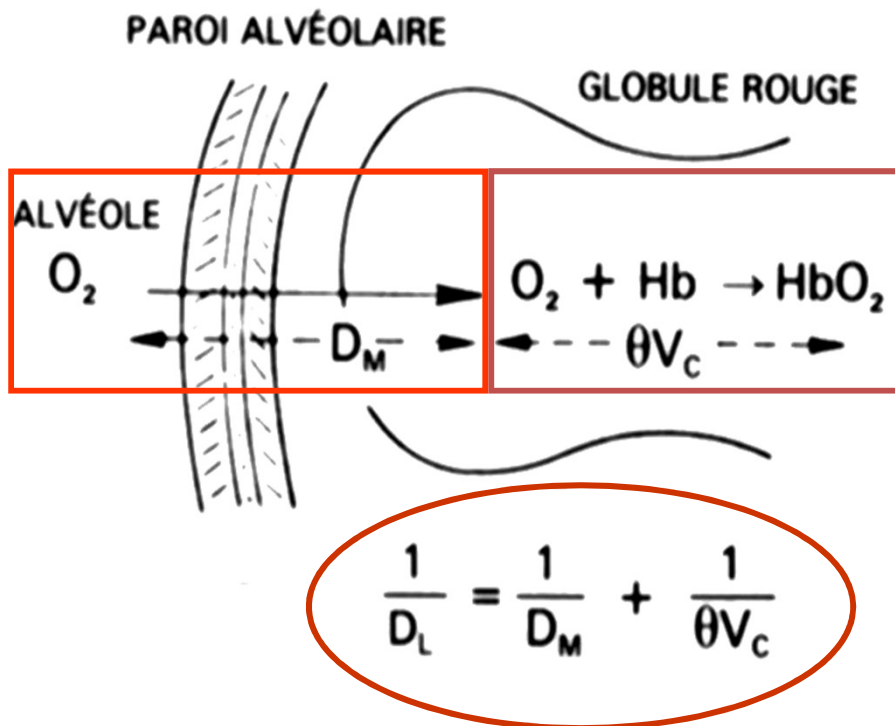
$$D_{L,\text{gaz}} = \frac{\dot{V}_{\text{gaz}}}{\Delta P}$$

$$R = \frac{\Delta P}{\dot{V}_{\text{gaz}}}$$

$D_{L,\text{gaz}}$ est l'expression de l'inverse d'une résistance

Résistance globale à la diffusion

La diffusion de l'O₂ de l'alvéole à l'hémoglobine peut être considérée en 2 étapes :



1. Diffusion de l'O₂ à travers la barrière alvéolo-capillaire caractérisée par le facteur membranaire (D_M)

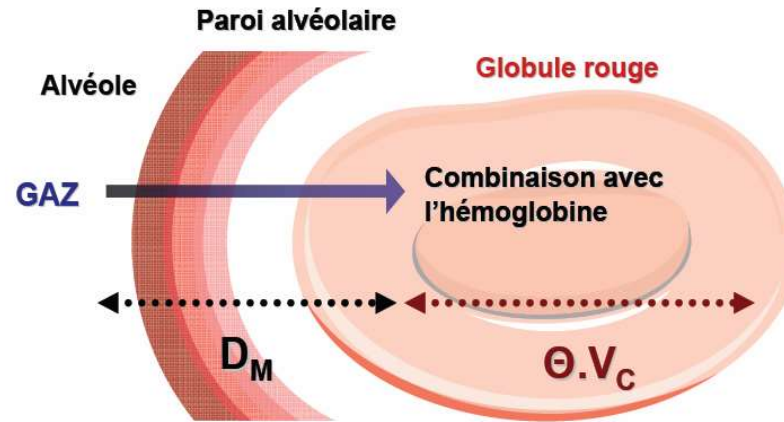
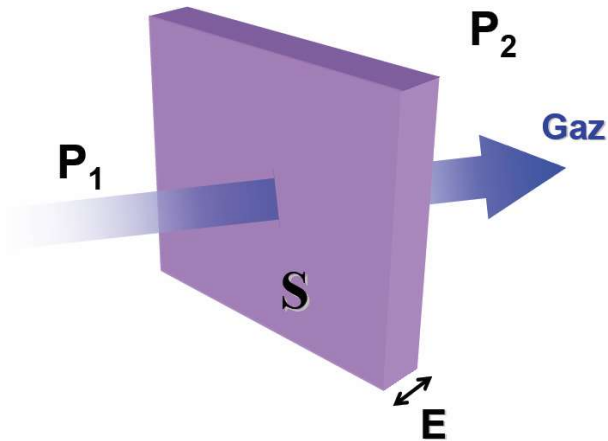
2. Combinaison de l'O₂ avec l'Hb, caractérisée par la vitesse de liaison de l'O₂ à l'Hb (θ) multiplié par le volume capillaire pulmonaire (V_c)

La résistance globale à la diffusion est égale à la somme des deux résistances correspondantes.



Diffusion alvéolo-capillaire DLCO et ses composantes

La loi de Fick



$$\frac{1}{D_L} = \frac{1}{D_M} + \frac{1}{\theta \cdot V_C}$$

Débit de gaz diffusé $\dot{V} = DL \times \Delta P$

Où $DL \propto \frac{S}{E} \times \frac{Sol}{\sqrt{Pm}}$

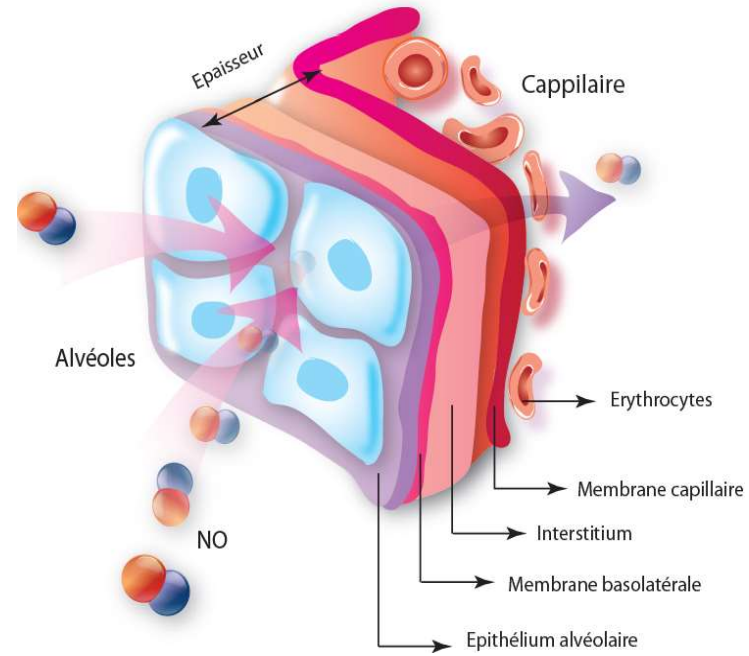
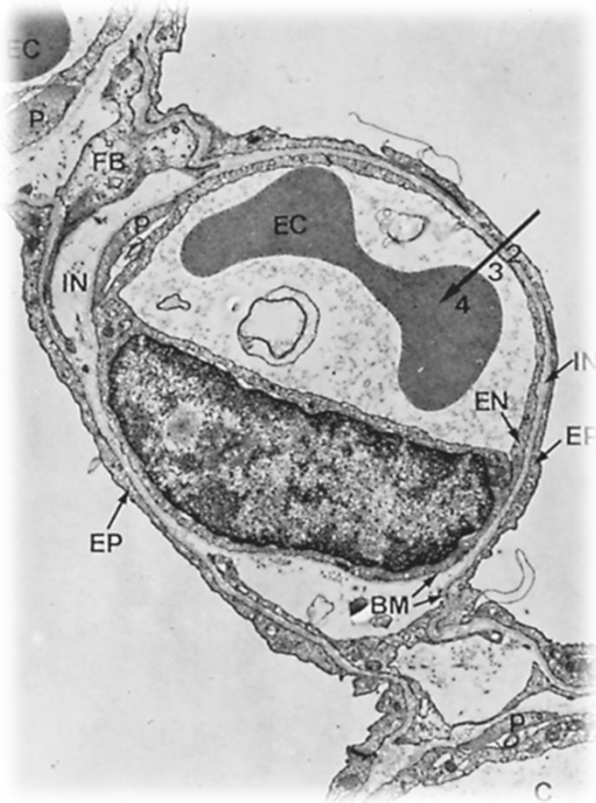
$$\text{Capacité de diffusion } DL = \frac{\dot{V}}{\Delta P}$$

DL - Capacité de diffusion pour un gaz

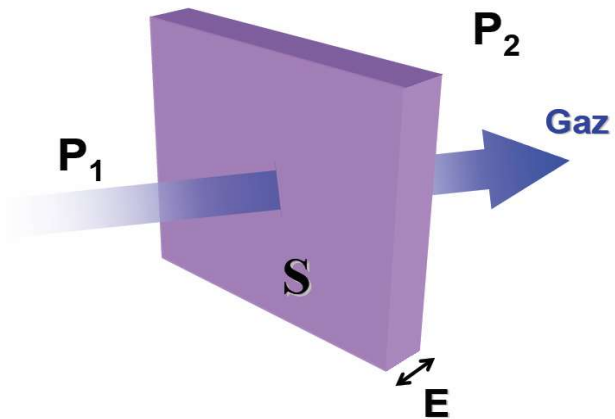
Dm - Conductance membranaire

Théta - Vitesse de capture spécifique par l'hémoglobine

Vc - Volume capillaire



La loi de Fick



$$\dot{V}_{\text{gaz}} \propto \frac{S}{E} \cdot D \cdot \Delta P$$

$$D \propto \frac{\text{Sol}}{\sqrt{PM}}$$



Dm et Vc

$$\text{CO} \quad \frac{1}{DLCO} = \frac{1}{DmCO} + \frac{1}{\theta_{CO} \times Vc}$$

$$\text{NO} \quad \frac{1}{DLNO} = \frac{1}{DmNO} + \cancel{\frac{1}{\theta_{NO} \times Vc}}$$

$$\Rightarrow DLNO = DmNO$$

Affinité et vitesse de réaction

$NO-Hb \gg CO-Hb$

$$\Rightarrow \frac{1}{\theta_{NO}} \gg \frac{1}{\theta_{CO}}$$

$$\text{CO} \quad DmCO = \frac{S}{E} \times \frac{\alpha_{CO}}{\sqrt{PmCO}}$$

$$\text{NO} \quad DmNO = \frac{S}{E} \times \frac{\alpha_{NO}}{\sqrt{PmNO}}$$

$$\Rightarrow \frac{DmNO}{DmCO} = \sqrt{\frac{PmCO}{PmNO}} \times \frac{\alpha_{NO}}{\alpha_{CO}}$$

coefficient $a \approx 1,97$

$$DLNO = DmNO = DmCO \times a$$

Dm

$$DLNO = DmCO \times a$$

$$\Rightarrow DmCO = \frac{DLNO}{a}$$

Vc

$$\frac{1}{DLCO} = \frac{1}{DmCO} + \frac{1}{\theta_{CO} \times Vc}$$

$$\Rightarrow Vc = \frac{1}{\left[\frac{\theta_{CO}}{DLCO} - \frac{\theta_{CO}}{DmCO} \right]}$$



Test de marche de 6 minutes

Paramètres

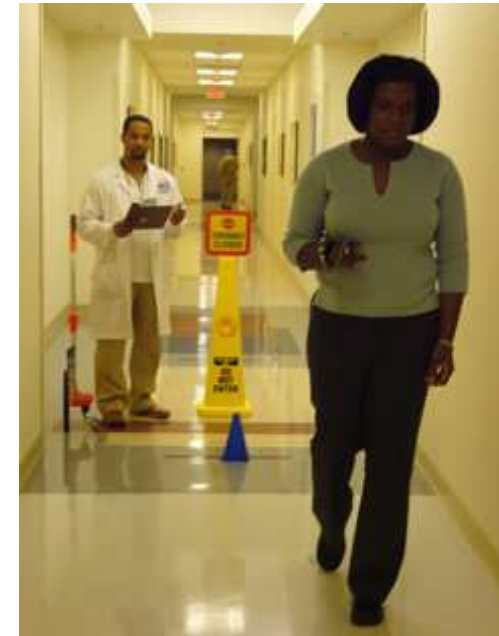
Distance parcourue en 6 minutes

Saturation en O₂
(capteur frontal / Syndrome de Raynaud)

Niveau de dyspnée: Indice de Borg

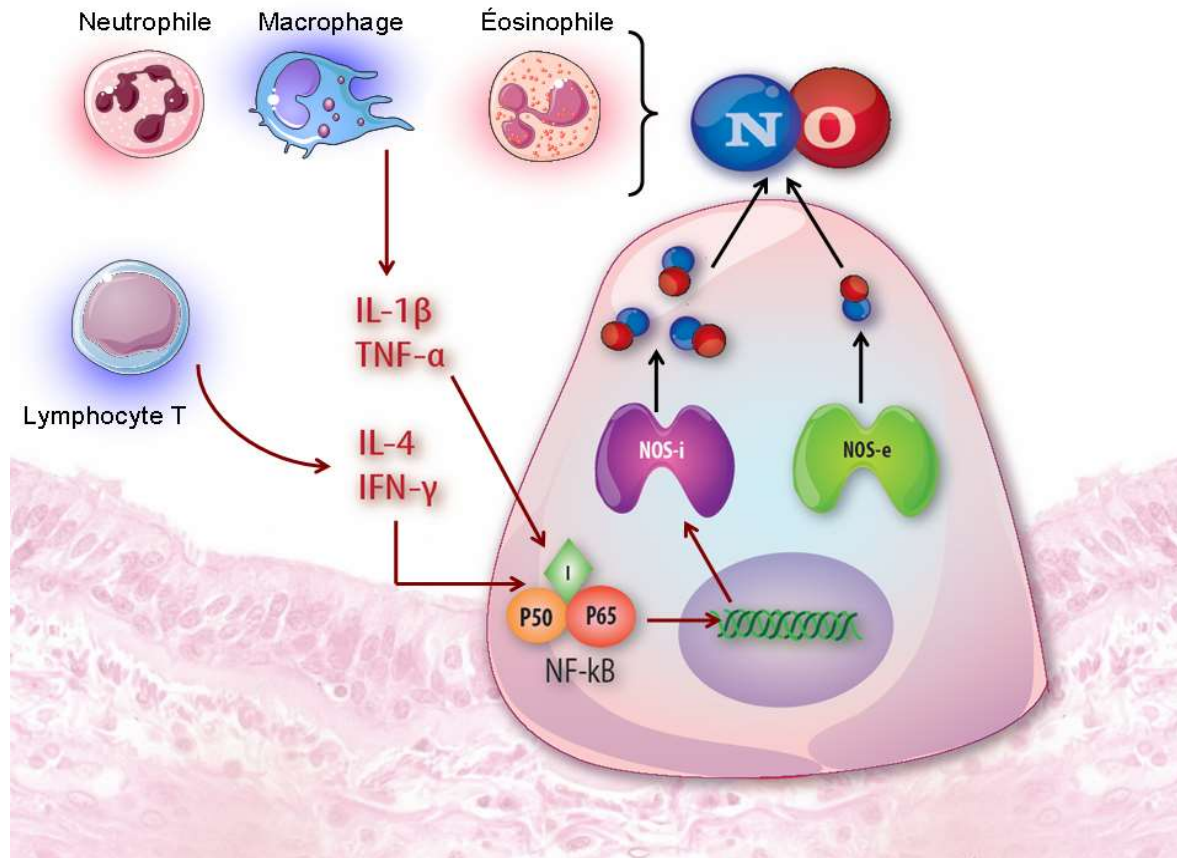
± gaz du sang : PaO₂, lactate,...

Variables	Résultats
Distance parcourue (Médian) m	450 (150–660)
Patients dont la Distance < 400 m, No.(%)	31 (28%)
Patients avec une désaturation ≥ 4%, No. (%)	31 (28)
% de désaturation moyenne chez les patients avec ΔSat ≥ 4%	6,87 %
% de désaturation moyenne chez les patients avec ΔSat ≥ 4%	0,57 %



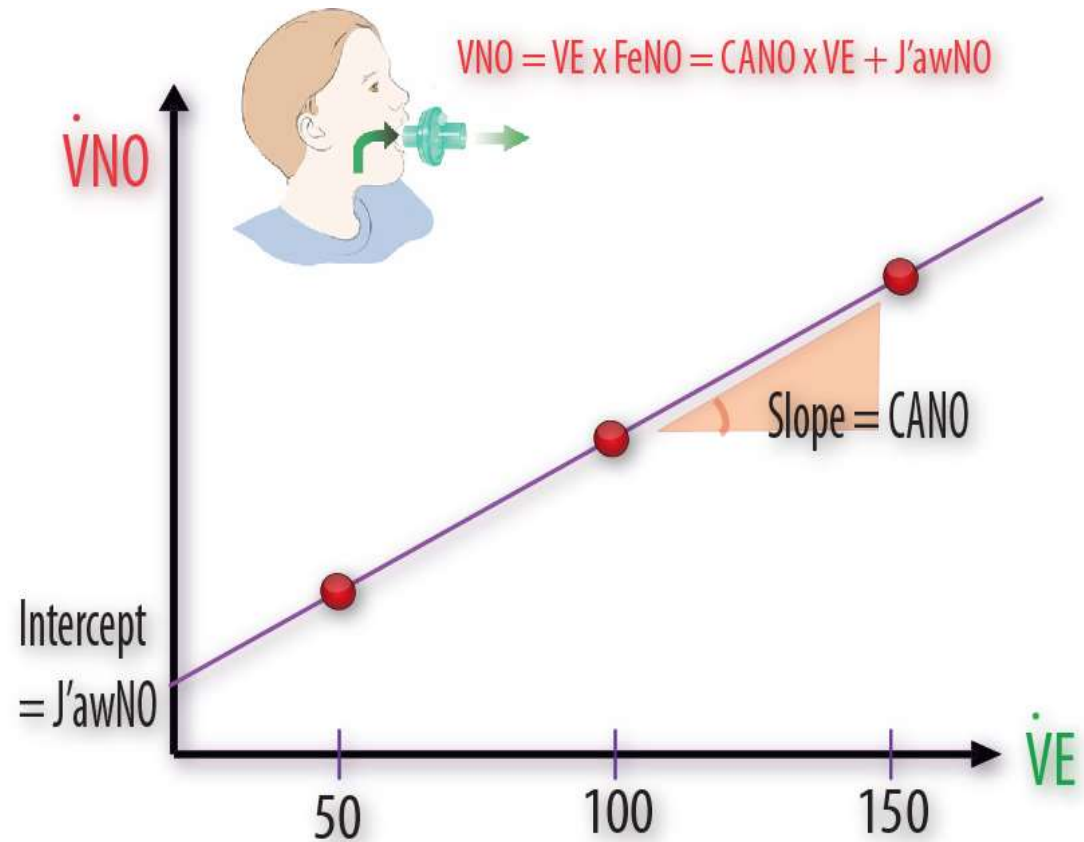
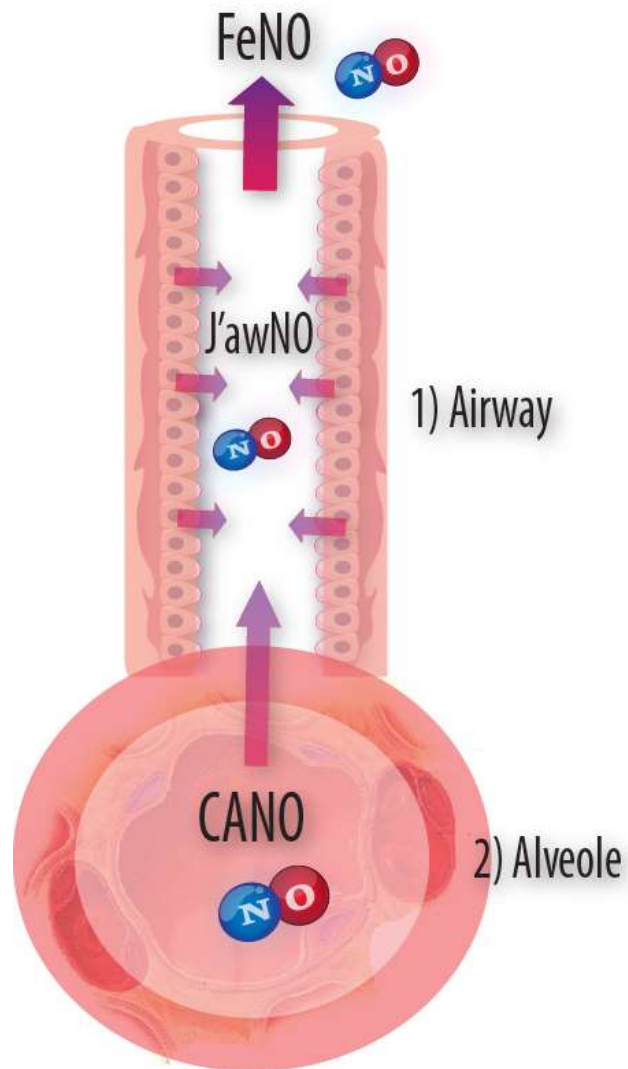


Evaluation de l'état inflammatoire : par la mesure du NO exhalé



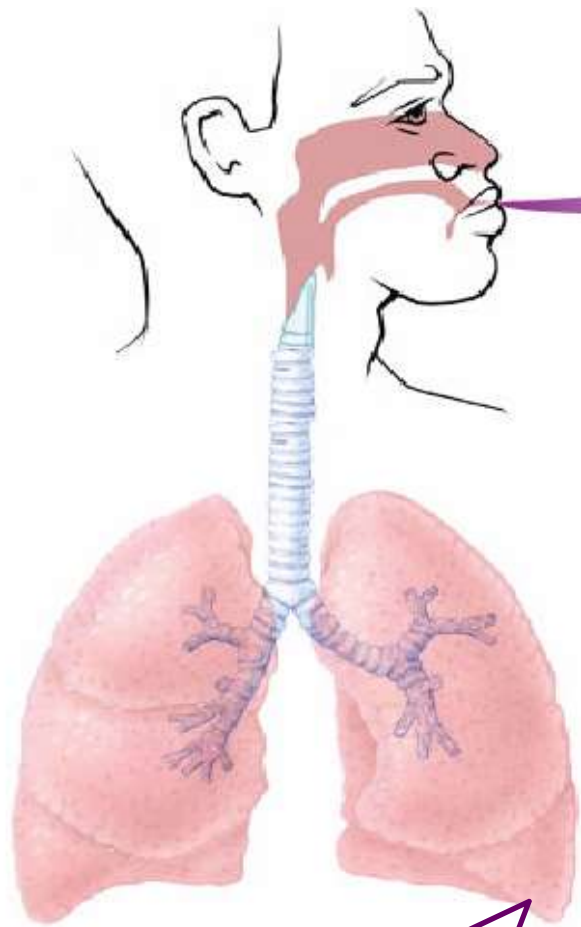


Modèle de 2 compartiments

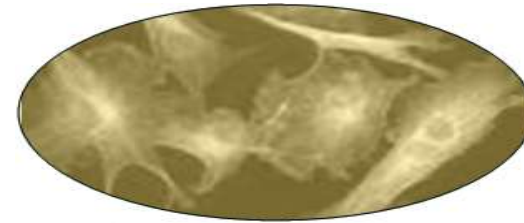


Tsoukias & George. JAP 1998; 85: 653-66.





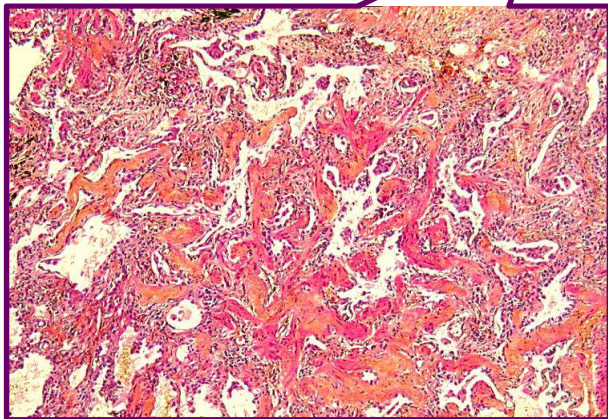
NO



Lung Fibroblasts Proliferation



Impaired Lung function



Pulmonary Fibrosis

Pourquoi explorer ?

