

Echanges gazeux et transport des gaz

2^{ème} année Médecine
Année universitaire 2020-2021

Physiologie clinique et explorations fonctionnelles
Faculté de Médecine
Université Constantine 3

Objectifs :

- 1 - Décrire l'échangeur pulmonaire
- 2 - Comprendre les mécanismes de diffusion des gaz à travers la membrane alvéolo-capillaire (MAC)
- 3 - Facteurs modifiants la diffusion alvéolo-capillaire
- 4 - Exploration de la MAC : Capacité du transfert du CO
- 5 - Fonction respiratoire du sang
- 6 - Lois physiques (Notion des pressions partielles et transport des gaz O₂ et CO₂)
- 7 - Rôle de l'hémoglobine dans le transport de l'oxygène
- 8 - La saturation de l'hémoglobine en oxygène
- 9 - Courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine
- 10 - Transport du CO₂
- 11 - Exploration : Gazométrie

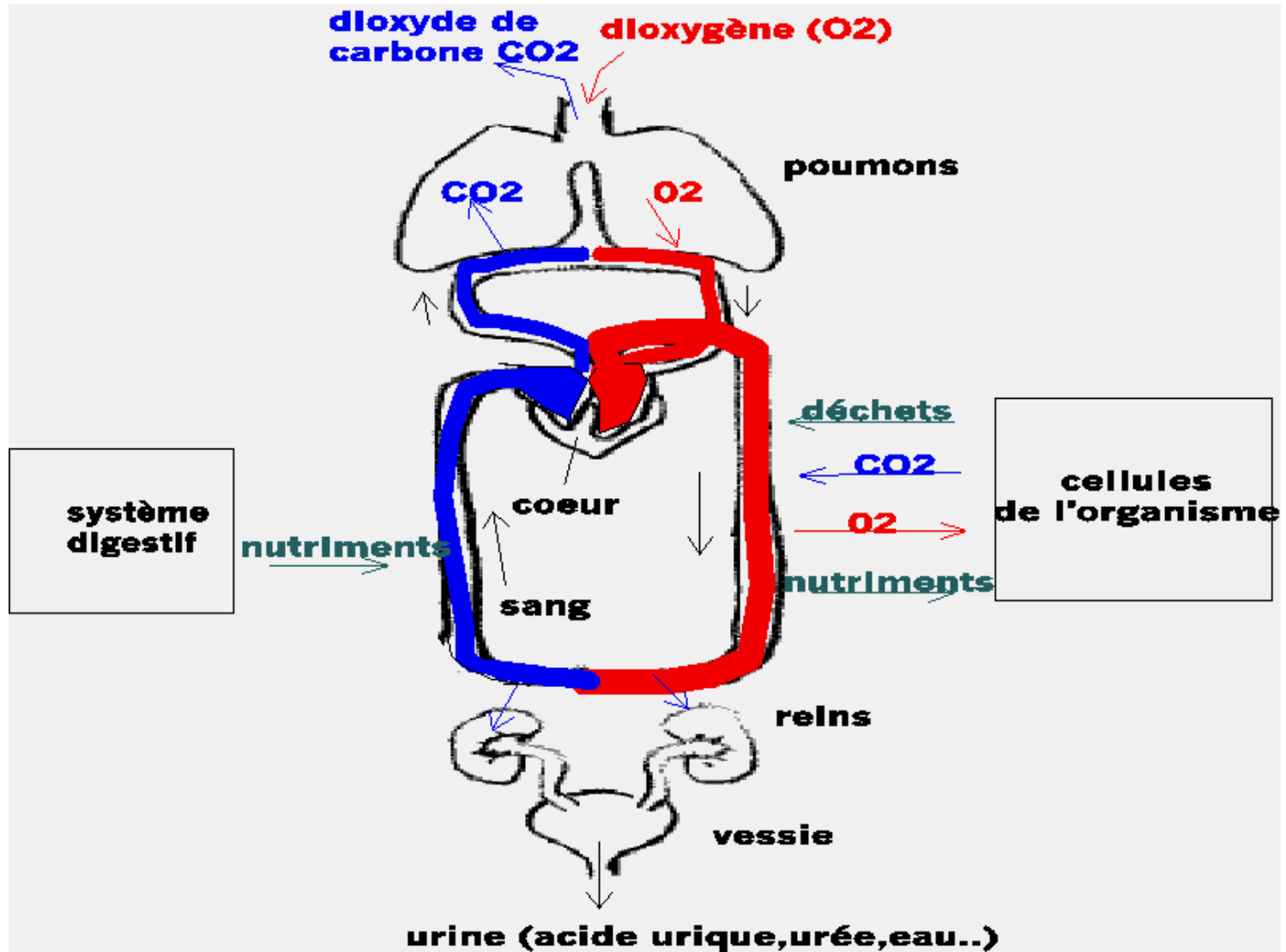
Introduction

L'échangeur pulmonaire est la rencontre de deux circulations : aérienne (alvéolaire) et capillaire pulmonaire ; il représente le lieu de *diffusion* de l'oxygène des alvéoles vers le sang, et le dioxyde de carbone en sens inverse selon un gradient de pression entre les deux compartiments

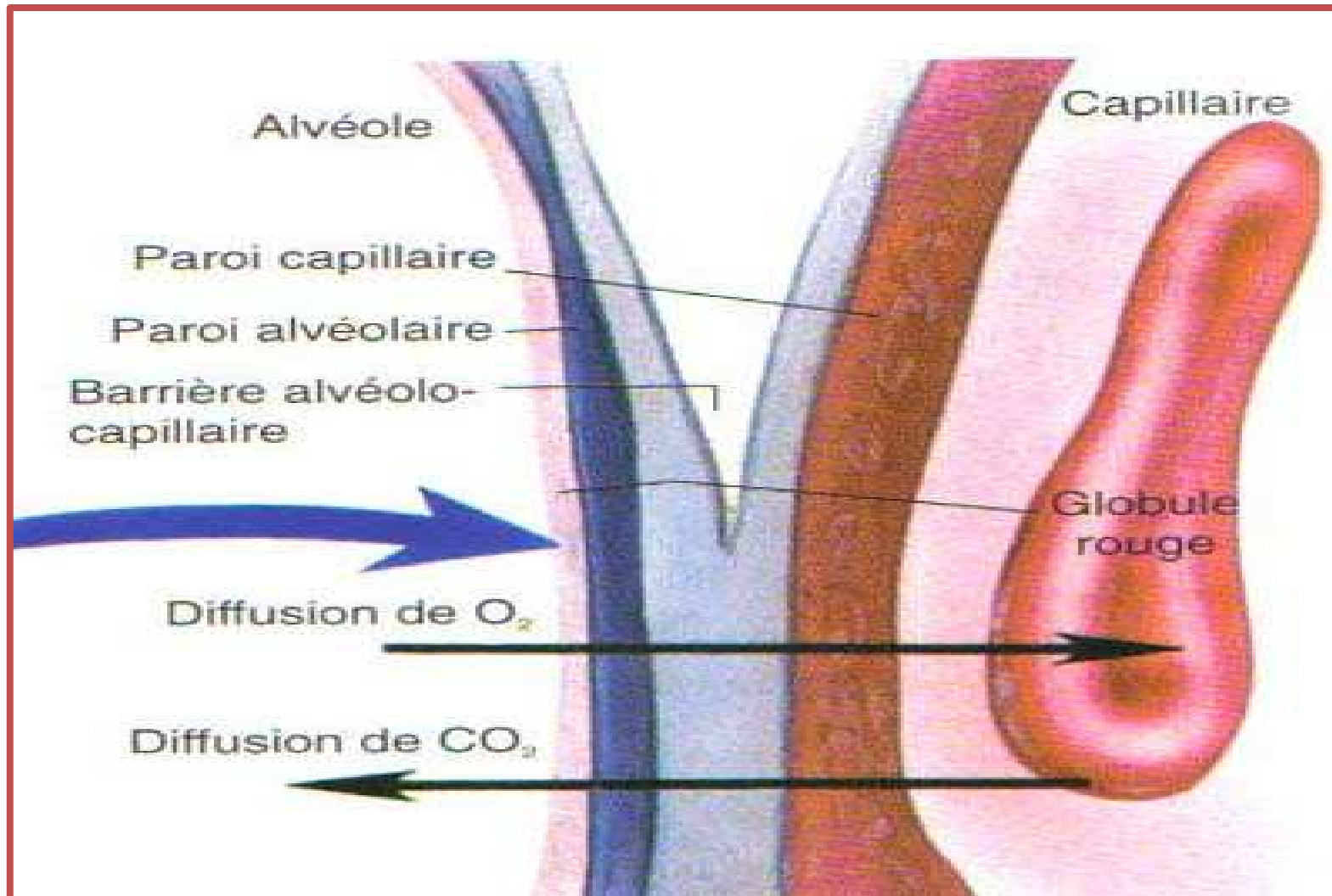
Hématose

INTRODUCTION

Étapes de la ventilation



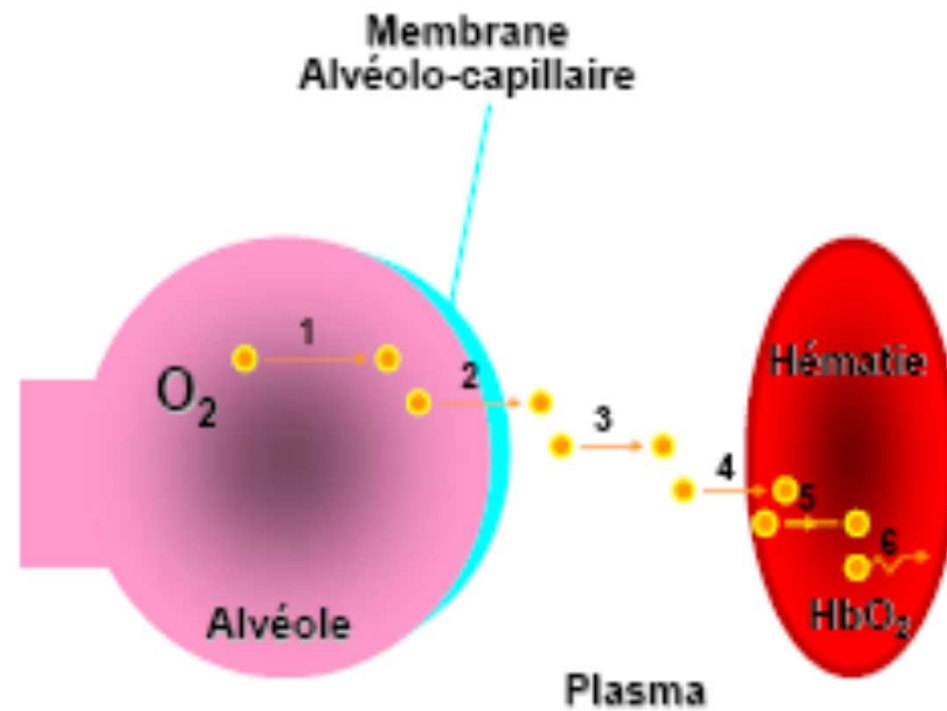
Barrière alvéolo capillaire



Barrière alvéolo capillaire

- Rappel anatomo histologique
 - 1 - Plus de 300 millions d'alvéoles
 - 2 - Surface comprise entre 50 et 70 m²
 - 3 - Épaisseur inférieur à 0.5 micromètre

Échanges alvéolo-capillaires (Oxygène)

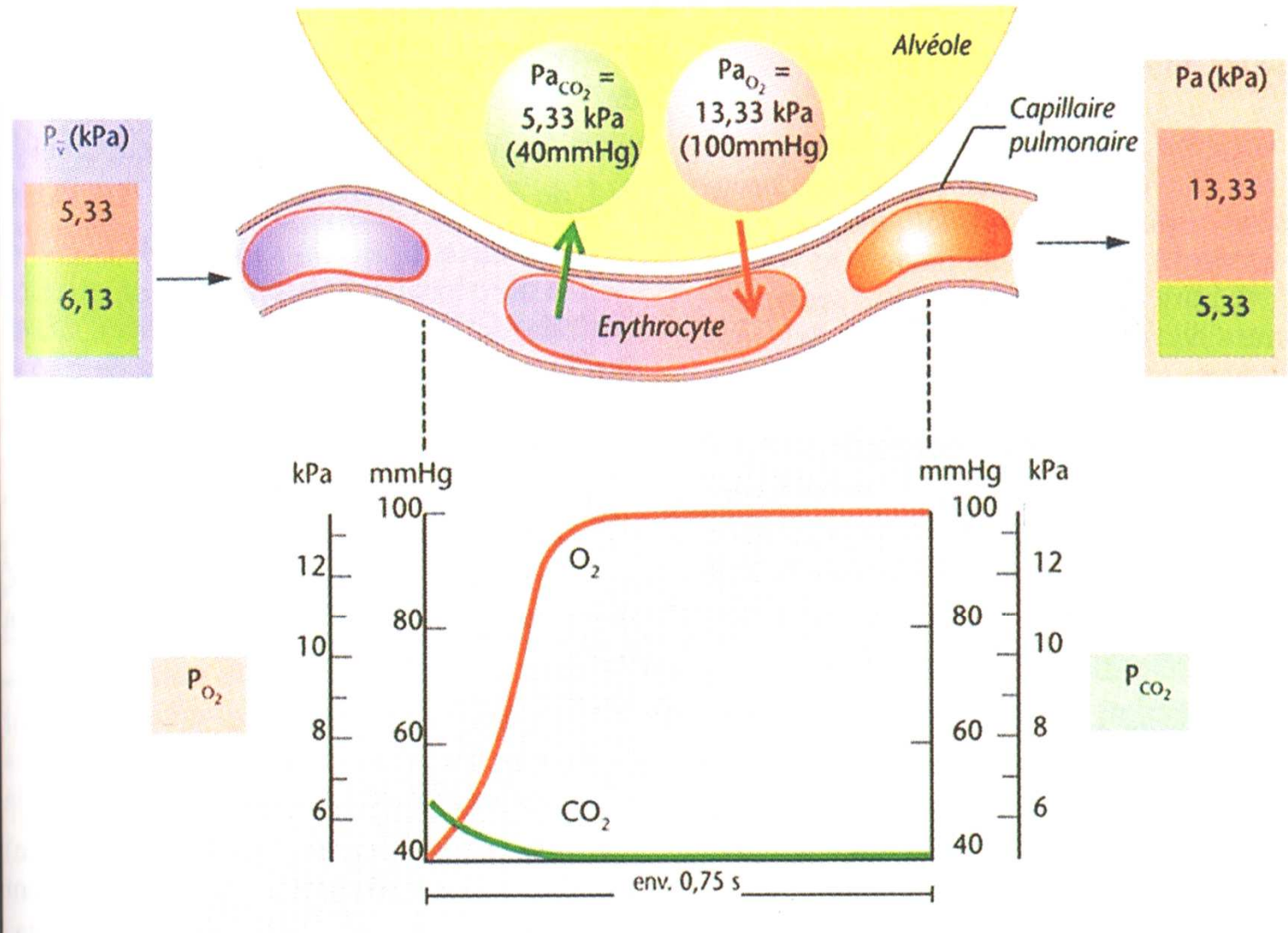


Capacité de Transfert et non de diffusion

$$1/TL = 1/DM + 1/\theta.Vc$$

- **TL** : capacité de transfert pulmonaire
- **DM** : capacité de diffusion pulmonaire
- **θ** : vitesse de combinaison avec l'hémoglobine
- **Vc** : volume sanguin capillaire pulmonaire

Diffusion de l'oxygène à travers la MAC



Diffusion du CO₂ à travers la MAC

- A l'entrée du capillaire : PCO₂ = 44 mm Hg
- Au niveau alvéolaire : PACO₂ = 40 mm Hg
- Malgré un faible gradient de pression :
Le CO₂ diffuse facilement (grande solubilité +++)
- Les blocs alvéolo-capillaire :
l'hypercapnie témoigne de la gravité de la maladie

Exploration:

Mesure de la capacité de transfert de la MAC :

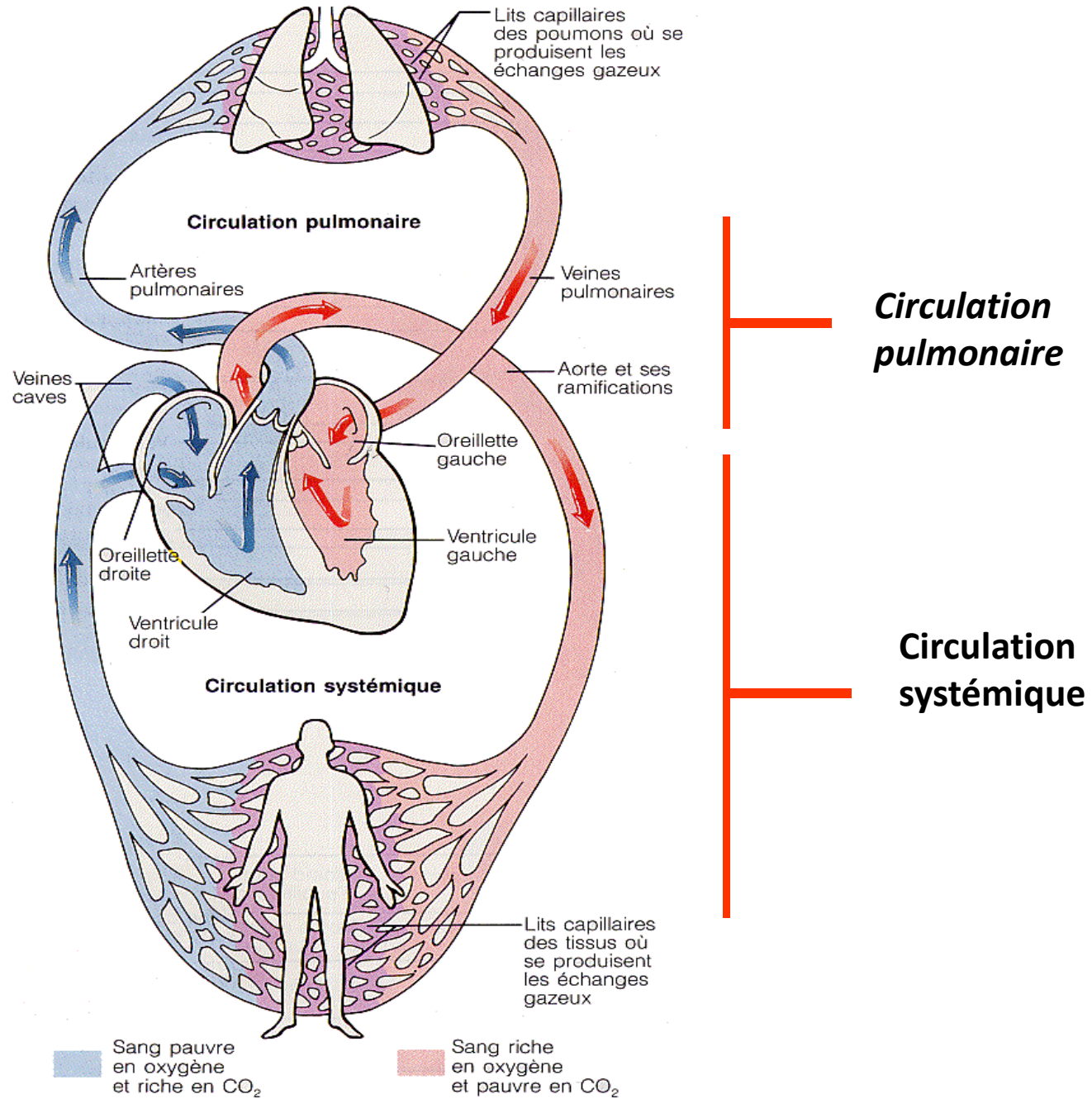
- On utilise le **CO** comme gaz traceur :
 - 1 – suit le même trajet que l'oxygène
 - 2 – très grande affinité pour l'hémoglobine (250 > O₂)
 - 3 – absent au niveau capillaire : **$P_c \text{ CO} = 0$**
- Interprétée par rapport à des valeurs de référence

Perturbation de la capacité de transfert membranaire

Réduction de la surface d'échange :

- Pneumonectomie
- Processus néoplasique
- Processus infectieux : COVID 19
- Fibroses pulmonaires
- Œdème pulmonaire

2



Introduction

- Fonction respiratoire du sang :
 1. Transport de l'O₂ du poumon vers les tissus
 2. Transport du CO₂ en sens inverse

- Chaque gaz respiratoire (O₂, CO₂, N₂) se présente au niveau sanguin sous 2 formes :

Introduction (2)

- ✓ Une forme dissoute : Seule à l'origine de la pression partielle (3%)
- ✓ Une forme combinée à l'hémoglobine : forme de transport principale (97%).

Hémoglobine (Hb) : hémoprotéine contenue dans le globule rouge

Gaz dissous et pression partielle (3)

➤ Loi de Dalton

Mélange gazeux : $P_p = P_t \times F$

- Air ambiant : $PO_2 = 760 \text{ mm Hg} \times 20,93 = \underline{159 \text{ mm Hg}}$
- Air inspiré : $PO_2 = (760 - 47) \times 20,93 = \underline{149 \text{ mm Hg}}$
- Air alvéolaire : $PAO_2 = \underline{100 \text{ mm Hg}}$

➤ Cascade de l'oxygène ...

Transport de l'oxygène dans le sang (1)

Forme dissoute :

Loi d'Henry : 0,3 ml d'O₂ pour
100 ml de sang !!!

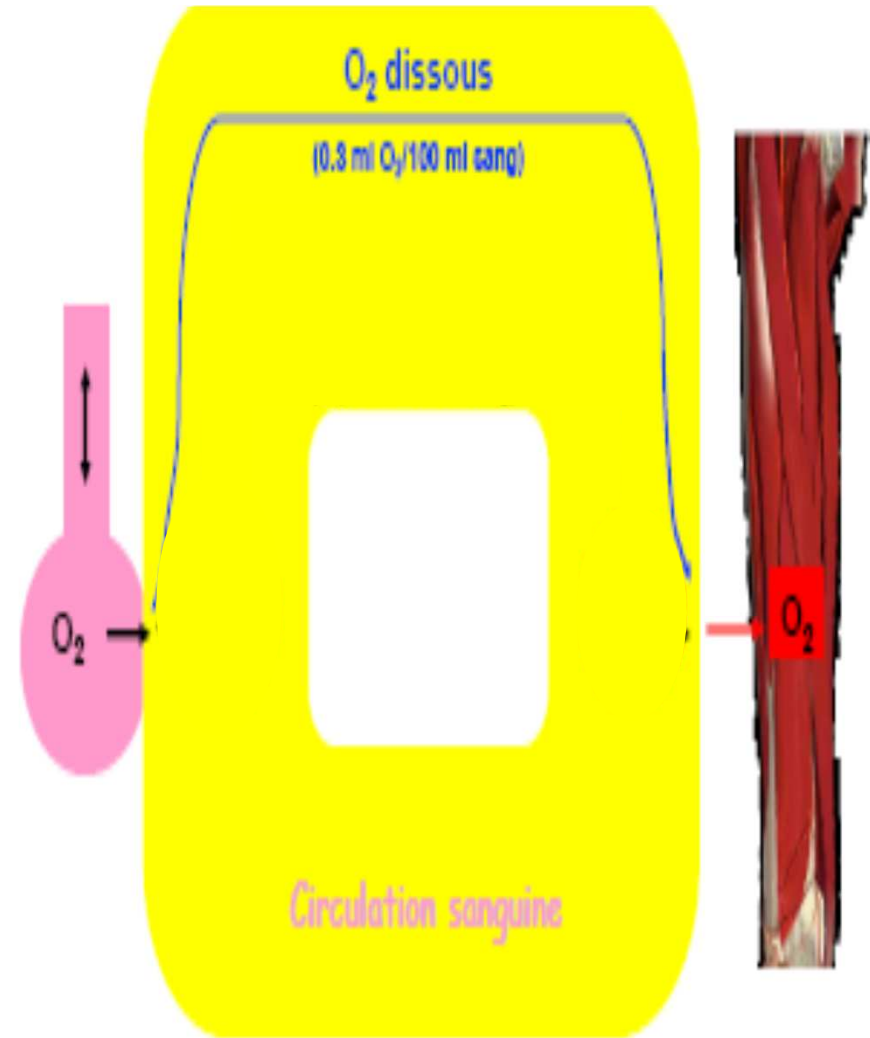
$$Mx = \alpha (Px . V / 760)$$

Mx : Quantité d'un gaz en mole

Px : pression partielle du gaz en mm Hg

V : volume du liquide en ml

α : coefficient de solubilité du gaz
(0,023 pour l'O₂)



Transport de l'oxygène dans le sang (1)

➤ Deux formes de transport

a – *Forme dissoute* :

Loi d'Henry : 0,3 ml d'O₂ pour 100 ml de sang !!!

$$M_x = \alpha (P_x \cdot V / 760)$$

M_x : Quantité d'un gaz en mole

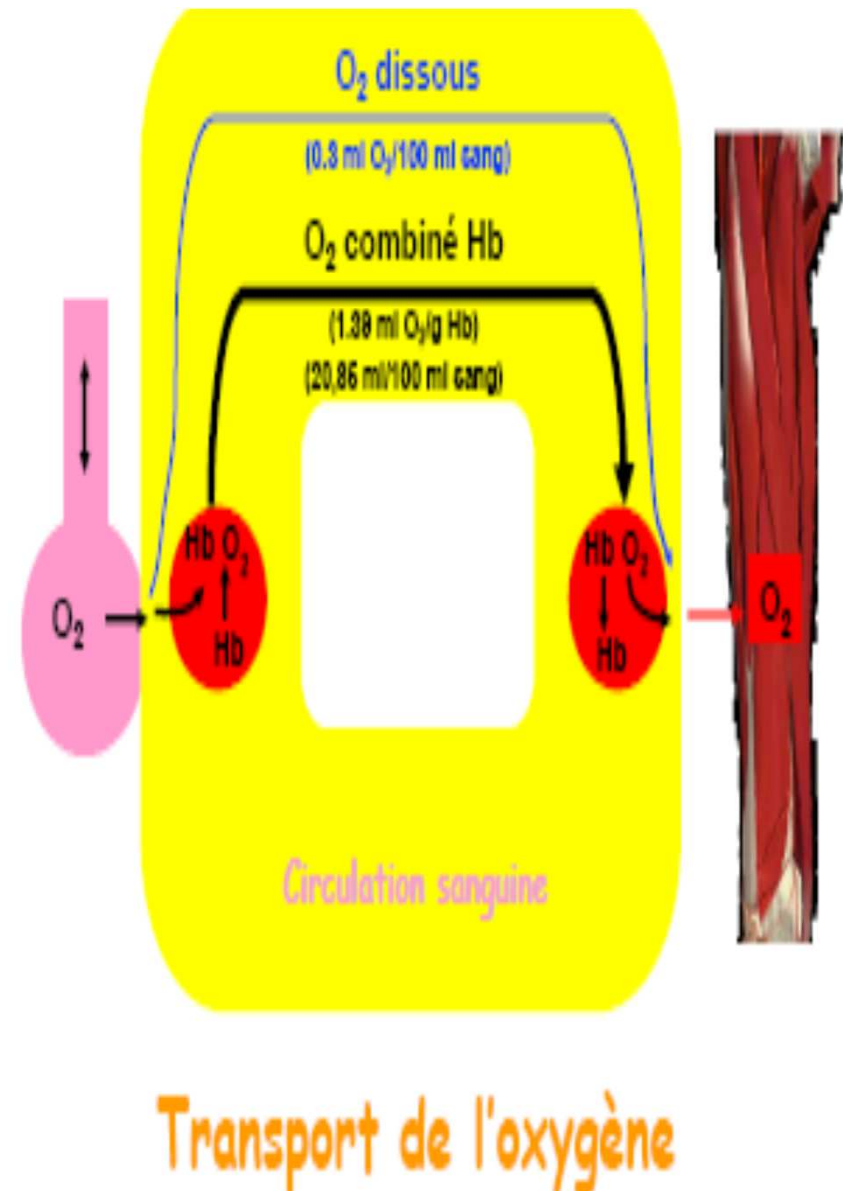
P_x : pression partielle du gaz en mm hg

V : volume du liquide en ml

α : coefficient de solubilité du gaz
(0,023 pour l'O₂)

b – *Forme combinée* :

Courbe de Dissociation de
l'Oxyhémoglobine **CDO**



Rôle de l'hémoglobine

L'Hb est l'unité fonctionnelle du transport des gaz.

La connaissance de sa structure est essentielle pour comprendre la façon dont est transporté l'oxygène des poumons aux tissus.

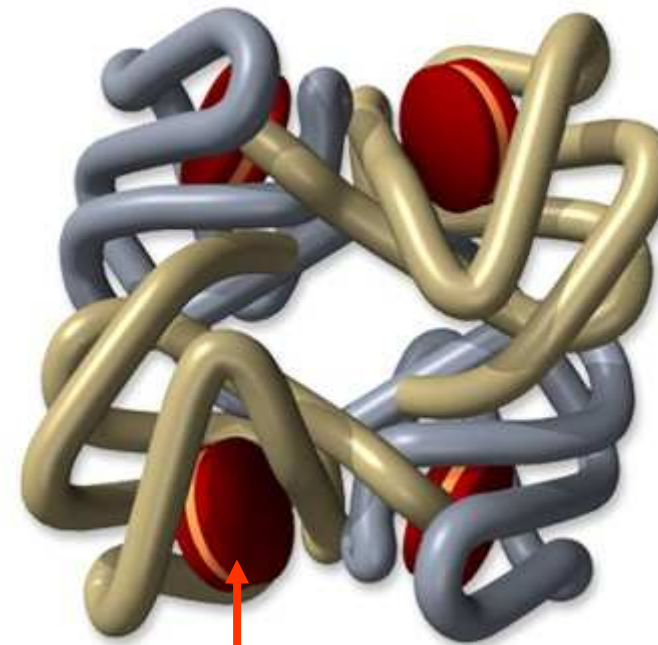
➤ Hémoglobine: Hémoprotéine 4 chaînes polypeptidiques

2 chaînes α et 2 chaînes β

4 hèmes

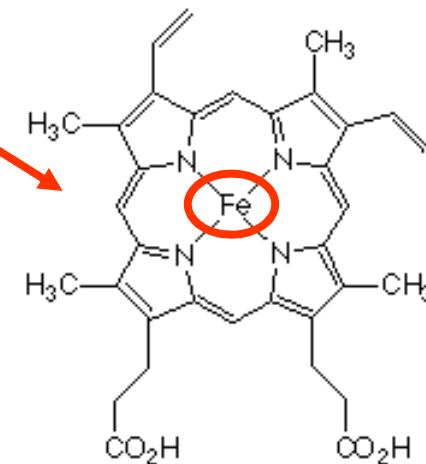
Chaque hème contient un atome de Fe (Fe^{++}) pouvant fixer un O_2

Donc, chaque Hb peut fixer 4 O_2



Hème

Dans les muscles, O_2 transporté par une protéine semblable : **myoglobine**



Hème

Hémoglobine

- ✓ Adulte sain : **Hb A** (ion ferreux)
- ✓ Hb F (foëtale) : remplacée, 1^{ère} année
- ✓ Méthémoglobine : $Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++}$ (1 à 2%)
incapable de transporté l'O₂
 - Nitrites
 - Sulfamides
 - Anomalie congénitale cytochrome b5 réductase
méthémoglobine-réductase

Au fur et à mesure que L'Hb fixe l'O₂

Son affinité pour celui-ci ↗

C'est l'allostérie.

La saturation en O_2 SO_2

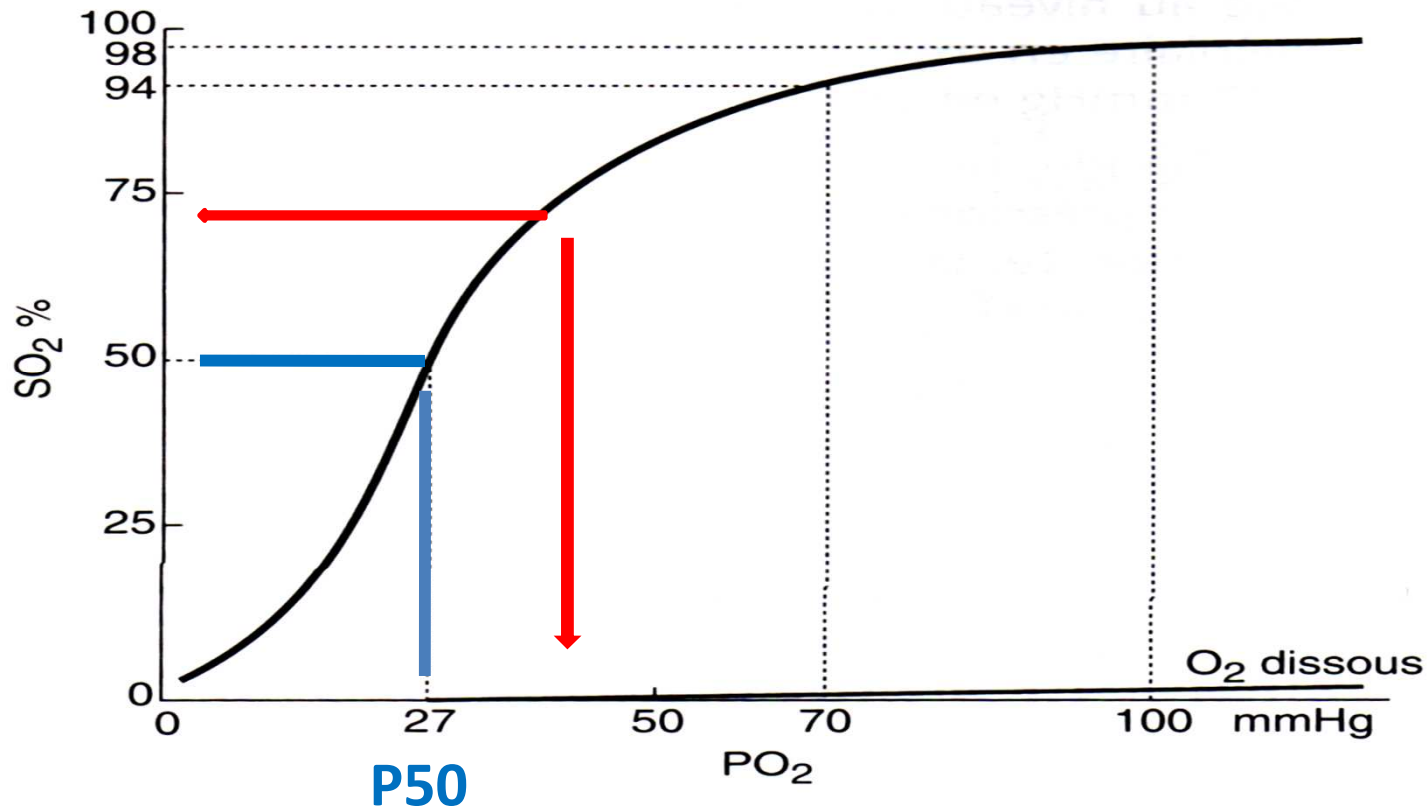
- La saturation en O_2 (SO_2) définit le rapport entre l'oxyHb et l'Hb totale

$$SO_2 = C_{O_2} / \text{capa } O_2 \times 100$$

- Pour une PaO_2 à 100 mm Hg: $SO_2 = 98\%$
 PvO_2 à 40 mm Hg: $SO_2 = 75\%$

Transport de l'oxygène dans le sang

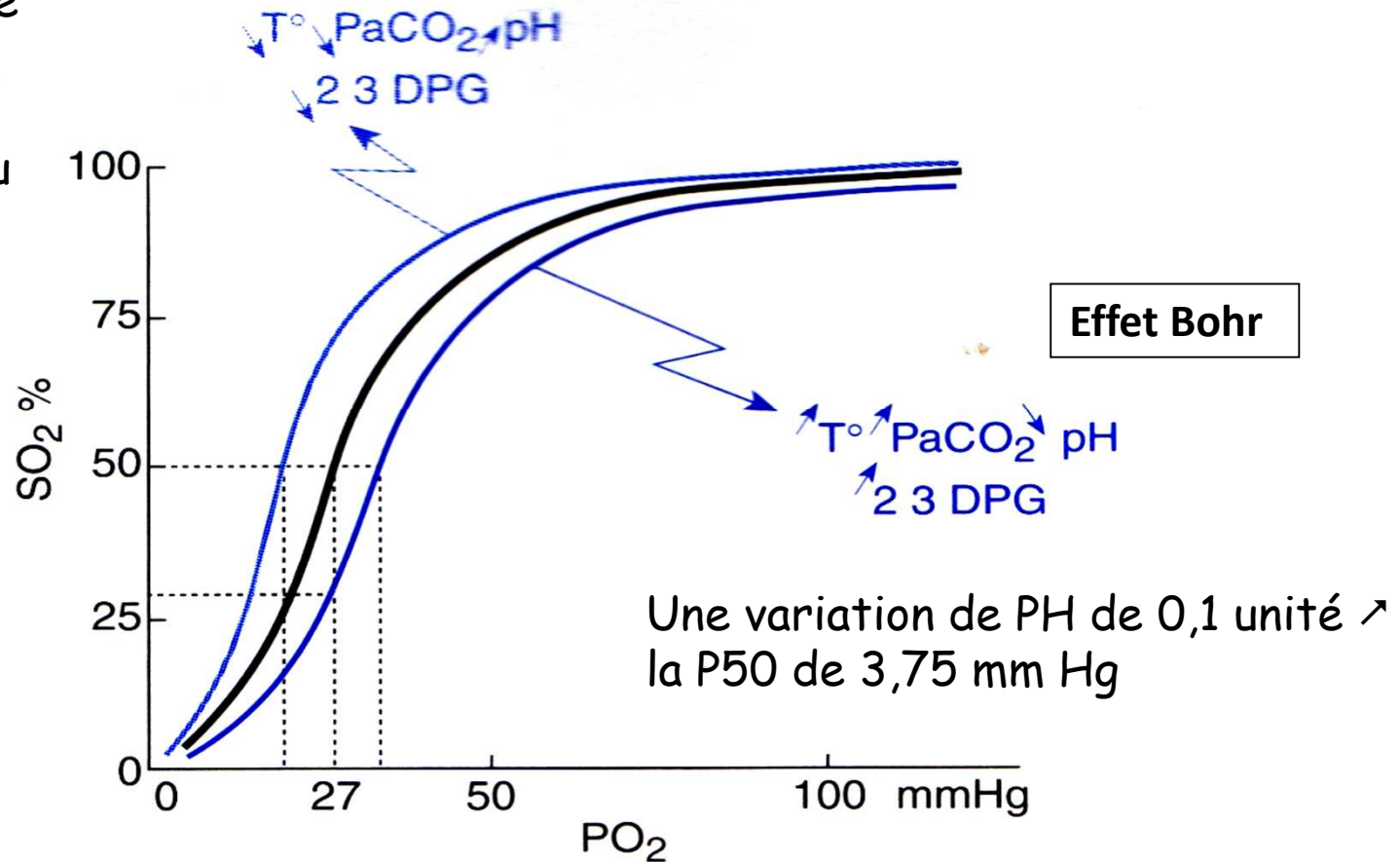
Relation de la saturation en oxygène SaO_2
et la pression partielle en O_2 PaO_2



Courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine (CDO)

Transport de l'oxygène dans le sang (3)

L' \nearrow de 1°C \Rightarrow \nearrow de la P50 de 1,5 mm Hg, favorisant la libération d'O₂ au tissus en activité



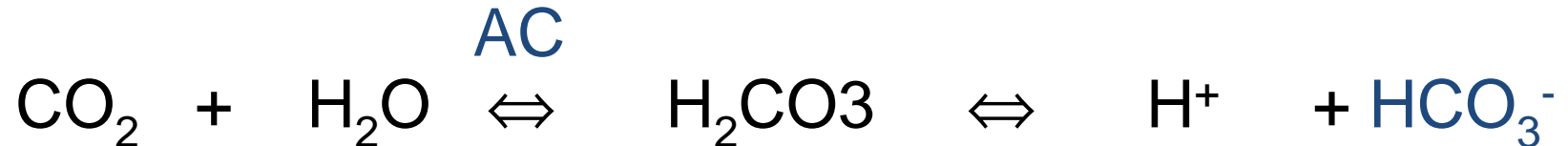
Facteurs de variation de l'affinité de l'hémoglobine pour l'O₂

Transport du CO₂ dans le sang (1)

➤ Transporté sous trois formes :

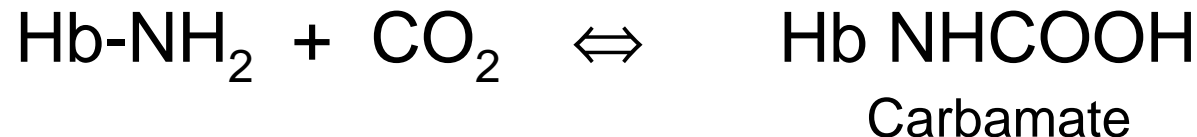
a – Forme dissoute : 5% . (7%)

b – Bicarbonates : 90%. (70%)

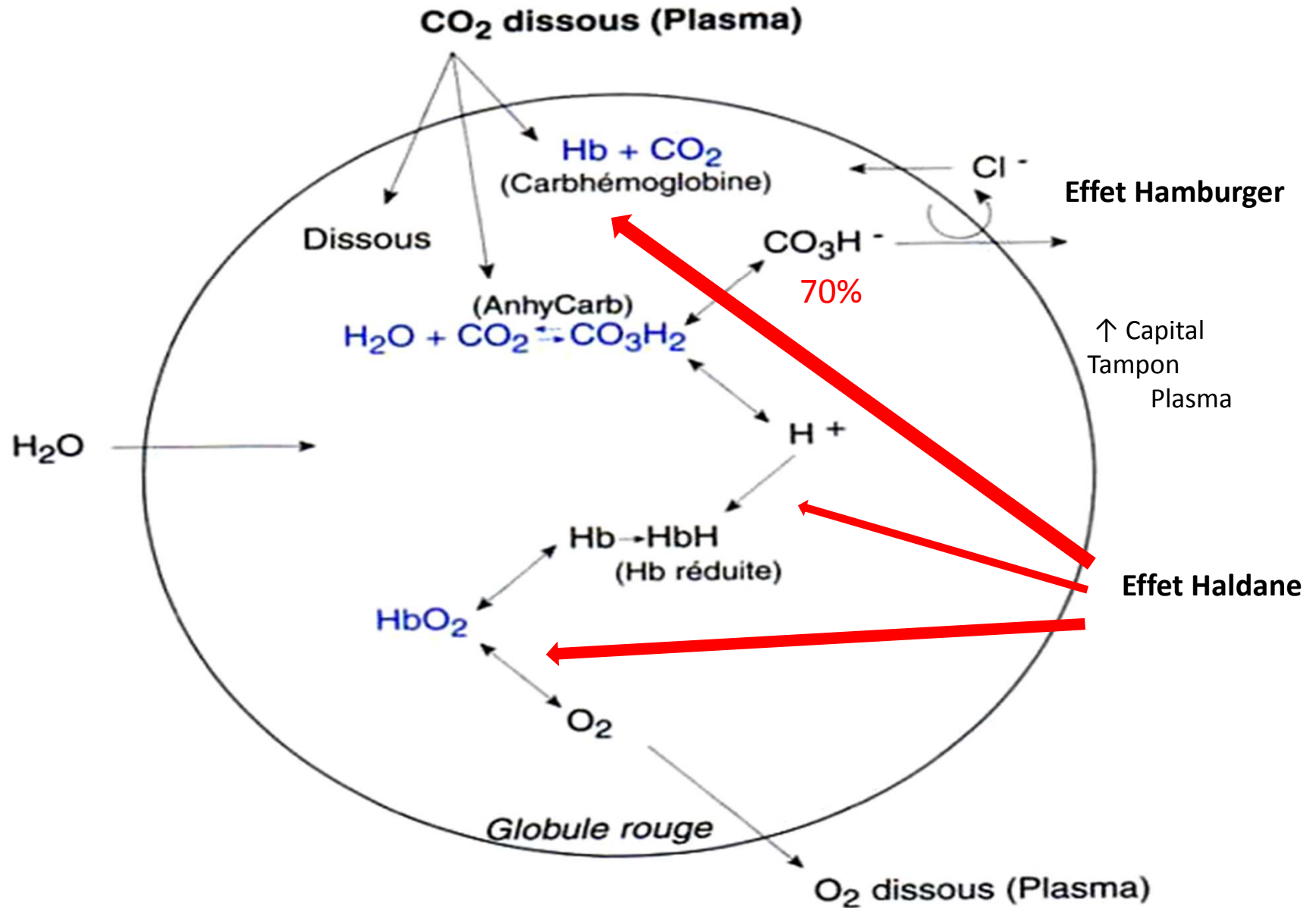


Andersson Hasselbach

c – sous forme de composés carbaminés : 5% . (23%)



Transport du CO₂ dans le sang (2)



Explorations

- Basée sur la gazométrie
- Prélèvement de sang artériel :
 - ✓ Artère radiale : accessible +++
 - ✓ Lobule de l'oreille : consommation d'oxygène très réduite
- Paramètres étudiés :
 - ✓ PaO₂ : 96 mm Hg
 - ✓ PaCO₂ : 40 mm Hg
 - ✓ PH : 7.38 – 7.42
 - ✓ Bicarbonates: 27 mmoles / l

Références Bibliographiques :

- Dr L. TUAL SAR CHU Jean Verdier, Pr Gilles DHONNEUR SMUR CH de Gonesse. www.airway-educ.org
- J-L Ader, F Carré, AT Dinh-Xuan, M Duclos , N kubis, C Préfaut, S Romain ; Physiologie édition Masson. PCEM 1
- C. PRÉFAUT, PCEM1, Faculté de Médecine de Montpellier-Nîmes
- Linda S. Constazo . Physiologie . PCEM intensif
- *Vander, Sherman, Luciano physiologie humaine 4^{ème} édition . Maloine*
- *J. G. McGeown, PHYSIOLOGIE L'essentiel*