



# Echanges gazeux alvéolo-capillaires

## Plan :

- I. Introduction
- II. Composition des gaz alvéolaire et notion de pressions partielles
- III. Ventilation alvéolaire Espace mort anatomique Espace mort physiologique
- IV. Rappel anatomique de la membrane alvéolo-capillaire
- V. Etapes de transfert alvéolo-capillaire
  - 1- Diffusion de l'O<sub>2</sub>
  - 2- Diffusion du CO<sub>2</sub>

## Introduction

- Les poumons permettent l'oxygénation du sang veineux et d'en retirer le CO<sub>2</sub>, grâce à des échanges gazeux.
- En conditions physiologiques de repos la totalité du volume d'air inspiré à chaque cycle ventilatoire ne participe pas aux échanges alvéolo-capillaires.
- La présence d'un système ramifié de conduction où séjourne une portion d'air qui correspond à l'espace mort et n'arrive pas aux zones d'échange.
- La diffusion de l'O<sub>2</sub> des alvéoles vers le sang et du CO<sub>2</sub> en sens inverse se fait selon un gradient de pression= **Hématose**.

## II. Notion de pressions partielles

• Loi de DALTON: «dans un mélange gazeux la pression totale est égale à la somme des pressions partielles des gaz constituant le mélange».  $P_T = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2}$

la pression partielle exercée par un gaz dans un mélange donné est:

$$P_p = P_T \times F \quad (P_T: \text{pression totale}, F: \text{concentration fractionnelle de chaque gaz du mélange}).$$

### ➤ Notion de pression partielle

#### • Air atmosphérique

Fraction ou concentration en  $O_2$  :  $F_{O_2}$  : 21%

$F_{CO_2}$  : 0.03%

$F_{N_2}$  : 79%

$$\text{➤ } P_{atm} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2} = 760 \text{ mmHg}$$

#### • Dans l'air atmosphérique :

$$P_B = 760 \text{ mmHg}$$

$$F_{iO_2} = 21\% = 0.21$$

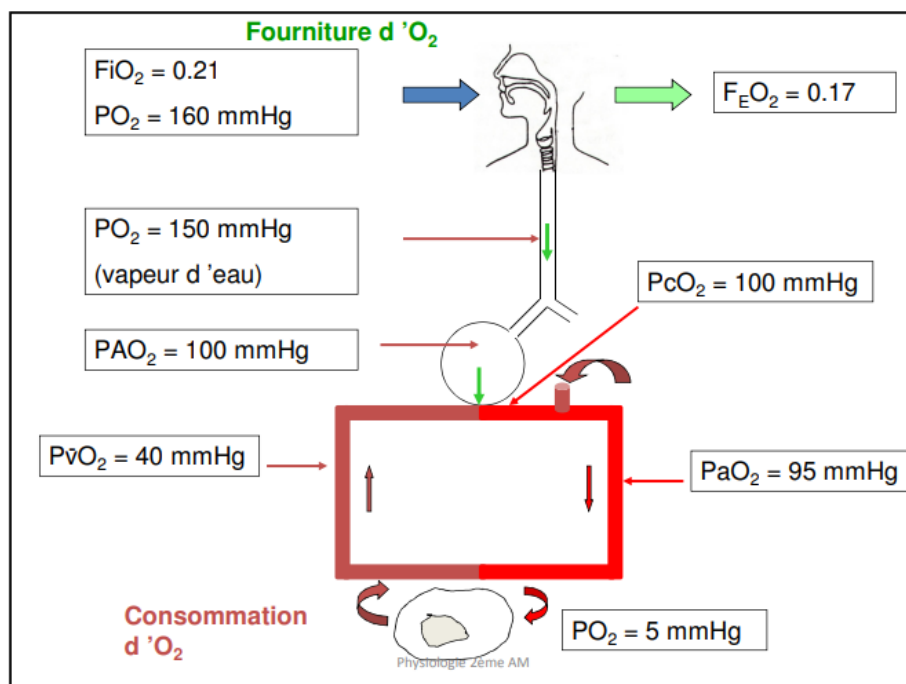
$$= 210 \text{ mL d'O}_2 \text{ par litre d'air}$$

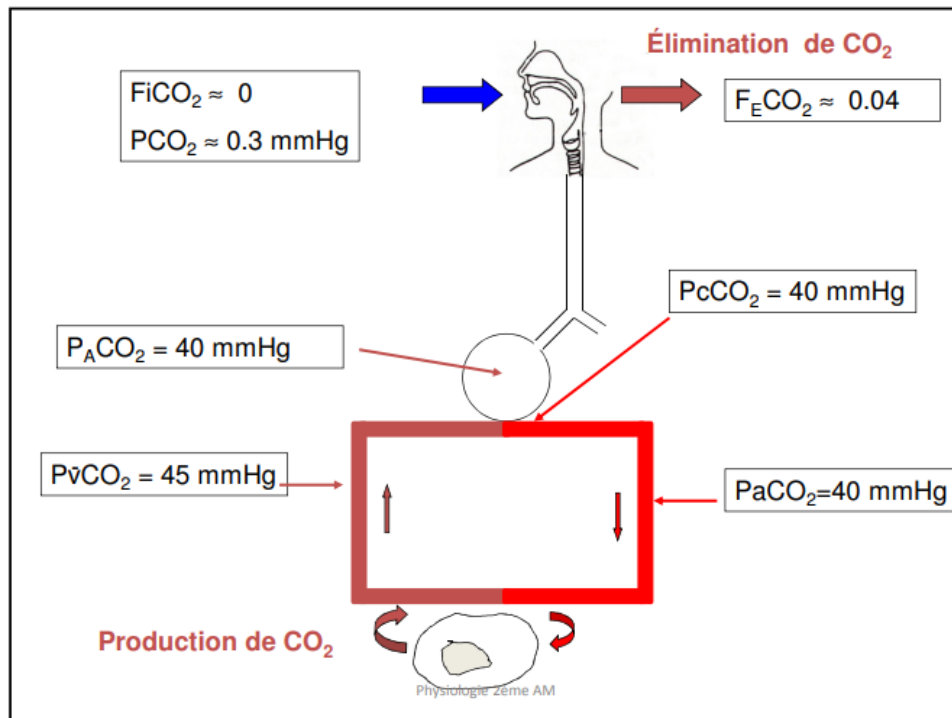
$$P_{O_2} = 760 \times 0.21 = 160 \text{ mmHg}$$

#### • Dans les bronches :

$$P_{\text{vapeur d'eau}} : 47 \text{ mmHg}$$

$$P_{O_2} (\text{bronches}) = (760 - 47) \times 0.2 = 150 \text{ mmHg}$$





### III. Ventilation alvéolaire

- Ventilation globale = ventilation minute = volume d'air qui pénètre par minute au niveau du poumon

$E = VT \cdot FR$  VT : volume courant(ml)

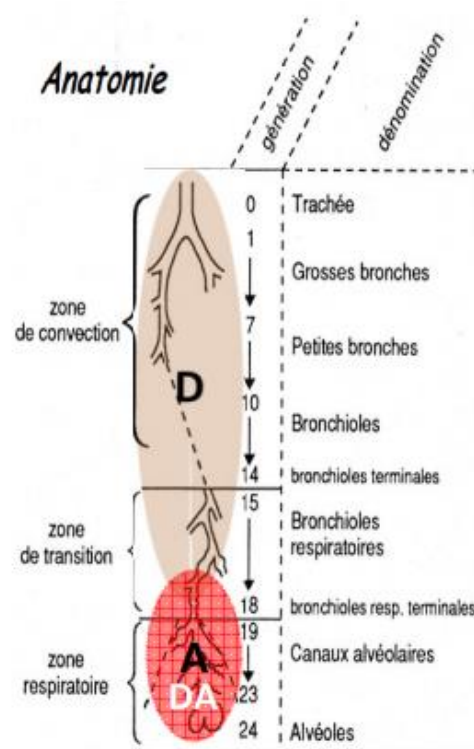
FR: fréquence respiratoire (c/min)

- ventilation alvéolaire = quantité d'air qui, par minute arrive effectivement au niveau des alvéoles.

$A = (VT - VD) \cdot FR$  VD : espace mort

### Ventilation minute

ventilation minute  
= ventilation alvéolaire  
+ Ventilation de l'espace mort  
- Anatomique  $V_D$   
- Alvéolaire  $V_{DA}$



## Espace mort et ventilation alvéolaire

- Espace mort **physiologique**: volume d'air qui ne participe pas aux échanges = **VD + VDA**
- VD = Espace mort anatomique : air contenu dans les voies aériennes de conduction
- VDA = Espace mort alvéolaire: air contenu dans les alvéoles bien ventilées et mal perfusées.

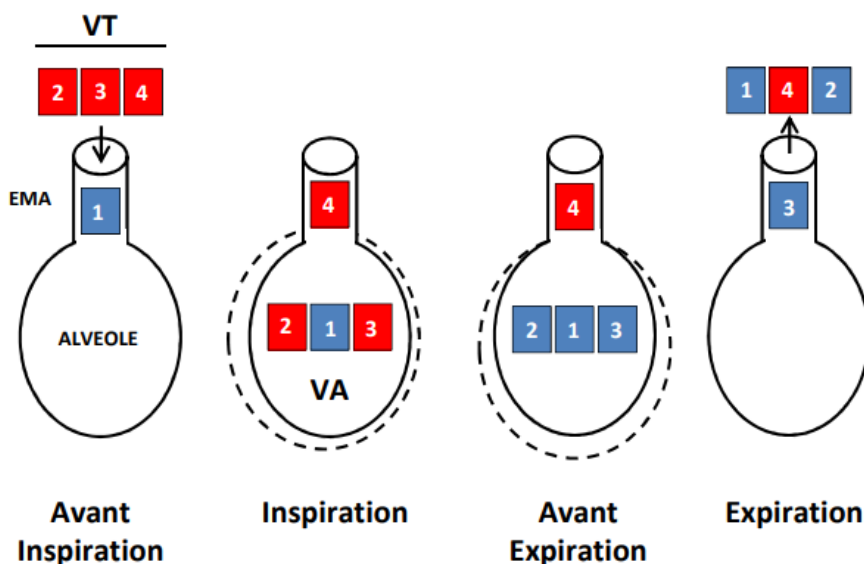
## Espace mort anatomique

- Chez un sujet sain au repos:
  - Toutes les alvéoles ventilées sont perfusées
  - VDA alvéolaire = 0
  - VD = VD anatomique = 150ml
- En pathologie (embolie pulmonaire)
  - Territoires alvéolaires ventilés mais non perfusés
  - VDA alvéolaire  $\neq 0$
  - ➡ VD par rapport à un sujet sain
- **VD**  $\approx 2\text{ml/kg}$  du poids corporel pour une personne de 70 kg = 140 à 150 ml avec un rapport:

$$\text{VD} / \text{VT} = 0,2 \text{ à } 0,35$$

témoigne de l'efficacité de la ventilation

- Fonction physiologique:
  - réchauffe
  - Humidifie l'air
- VD  $\neq$  VR (volume résiduel)



LEGENDE : Air Oxygéné, Air Vicié Physiologie 2ème AM



## Influence de la fréquence respiratoire sur la $V_A$

$$\dot{V}_A = (V_T - V_D) \times FR$$

$V_D$  varie dans des limites beaucoup plus étroites que le  $V_T$

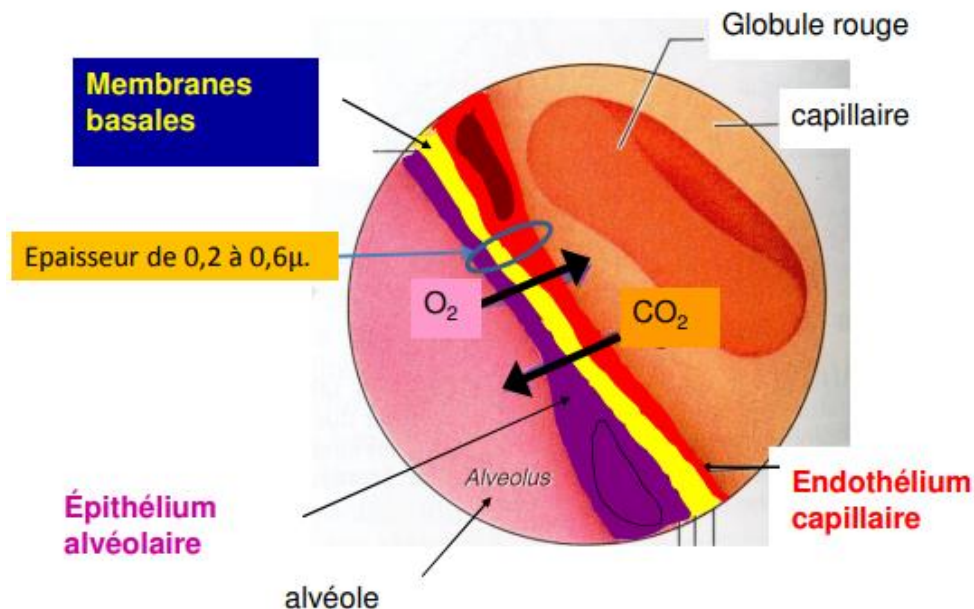


Ex.	$V_T^\circ$ (ml/min)	FR (cycle/min)	$V_T$ (ml)	$V_D$ (ml)	$V_A$	$V_D/V_T$	$V_A^\circ$ (ml/min)
1	6000	12	500	150	350	0,3	4200
2	6000	6	1000	150	850	0,15	5100
3	6000	40	150	150	0	1	0

Si  $FR = 12$   $V_T = 500\text{ml}$   $V_D = 150\text{ml}$   $V_A = 350 \times 12$

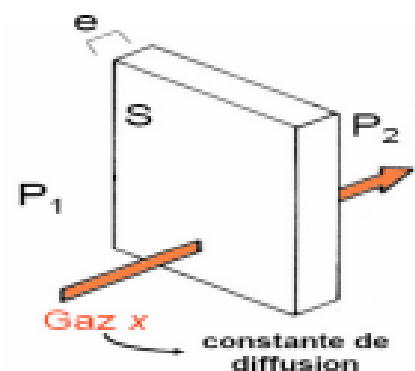
Physiologie 2ème AM

## IV. Rappel anatomique de la membrane alvéolo-capillaire



## Principe physique de la diffusion alvéolocapillaire

- Les échanges gazeux pulmonaire intéressent donc l' $O_2$  et le  $CO_2$ .
- Ces échanges se font par diffusion et obéissent aux lois de celle-ci.
  - Différences de pression partielles ( $P_1 - P_2$ ).
  - La taille des molécules.
  - Solubilité des gaz dans l'eau.



L'équation de la vitesse de diffusion peut s'écrire

$$VD = \frac{\Delta P \times S \times E}{D \times \sqrt{PM}}$$

$\Delta P$ : différence de pression ( $P_1 - P_2$ )  $S$ : Solubilité ( $SO_2=1$ ,  $SCO_2=20,3$ ,  $SH_e=0,93$ )

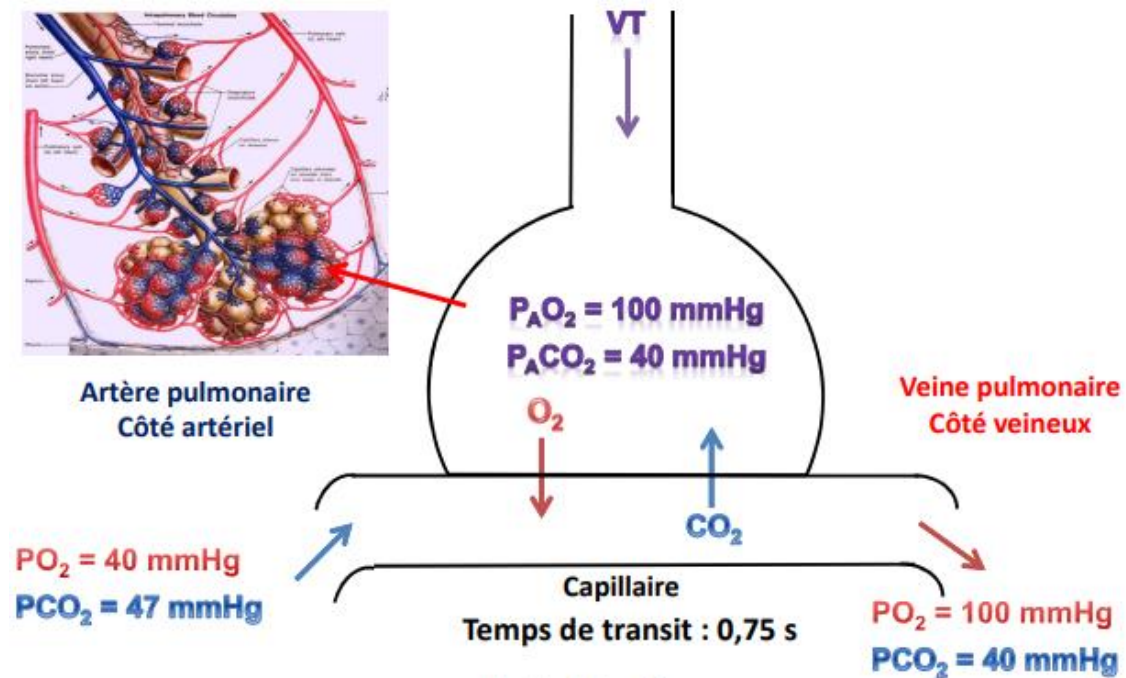
$E$ : Surface d'échange

$D$ : Epaisseur

$P$ : poids moléculaire

## V. Etapes de transfert alvéolo-capillaire

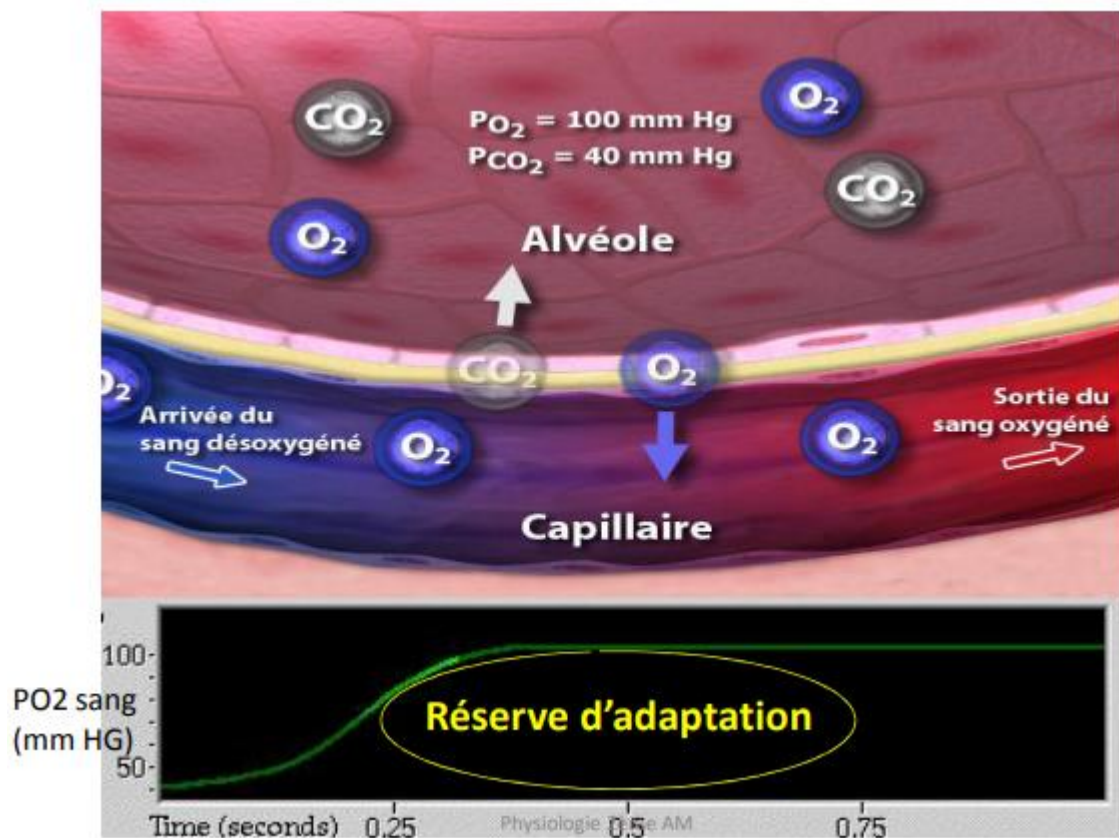
### Echange gazeux pulmonaires



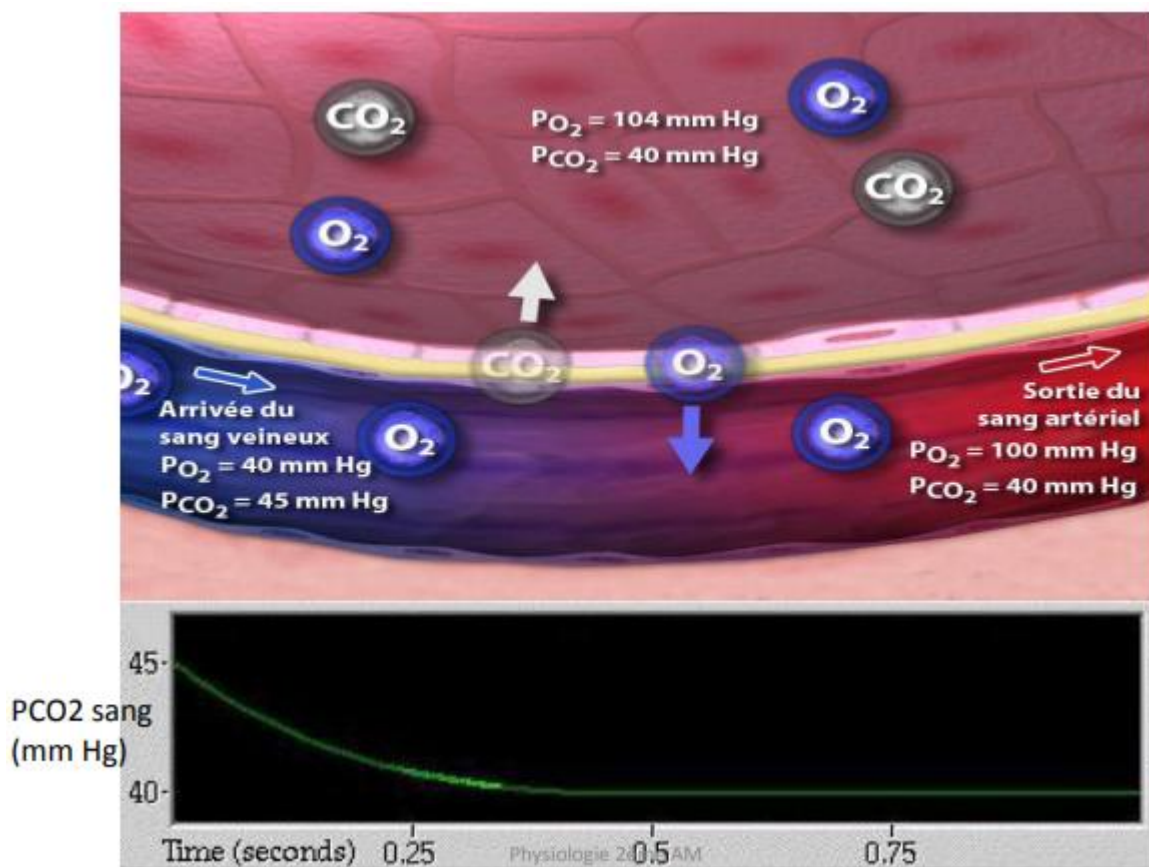
### ➤ Diffusion membranaire alvéolocapillaire

1- Diffusion de l' $O_2$ : Temps de transit du sang





## 2. Diffusion du $CO_2$



# QCM

**01) La courbe de Barcroft (CDO) est déviée en bas et à droite, pour quelle situation parmi les situations suivantes ? (↑=augmenter et ↓= diminuer)**

- A. ↑PCO<sub>2</sub> ↑T° ↓PH ↑2,3DPG.      B. ↓PCO<sub>2</sub> ↓T° ↓PH ↓2,3DPG.  
C. ↑PCO<sub>2</sub> ↑T° ↑PH ↑2,3DPG.      D. ↓PCO<sub>2</sub> ↓T° ↑PH ↓2,3DPG.

**02) Au sommet de Mont Everest (=8890m) la pression atmosphérique Pat=248mm Hg, a cette hauteur quelle est la valeur de la pression partielle d'O<sub>2</sub> en mm Hg ?**

- A. 59.    B. 52.    C. 49.    D. 61.

**03) Quelle est la quantité de CO<sub>2</sub> dissoute dans 100ml de sang artériel ?**

- A. 2ml.    B. 4ml.    C. 3ml.    D. 5ml.

**04) Concernant les échanges gazeux alvéolo-capillaire, parmi les propositions suivantes quelle est la réponse fausse ?**

- A. Commencent à partir des bronchioles respiratoires.  
B. Se font à travers une membrane alvéolo-capillaire d'environ (MAC) 100 m<sup>2</sup> de surface.  
C. Se font uniquement au cours de l'inspiration.  
D. Se font à travers une MAC d'environ 0,4µm d'épaisseur.

**05) La diffusion alvéolo-capillaire sera perturbée par certaines facteur sous cités sauf un, lequel ?**

- A. Diminution du gradient de pression au niveau alvéolaire.  
B. Remaniement de la MAC par la fibrose.  
C. Présence d'un exsudat dans l'alvéole.  
D. Lors d'un effort physique d'intensité faible ou modéré.

**06) La capacité de diffusion de l'O<sub>2</sub> en ml/min/mmHg à travers la membrane alvéolo-capillaire, au repos, pour un poumon sain, représentatif des poumons de la population générale, avoisine l'une des valeurs suivantes, laquelle**

- A. 5    B. 20    C. 35    D. 45    E. 70

**07) Une gazométrie artérielle faite chez un sujet grand fumeur, hospitalisé pour exacerbation d'une broncho-pneumopathie chronique obstructive au stade IV de GOLD retrouve une PaO<sub>2</sub>=86 mm Hg. Quelle est d'après vous la quantité d'O<sub>2</sub> dissoute dans 80 ml de son sang artériel ?**

**aO<sub>2</sub>=0,023**

- A. 0,31 ml    B. 0,24 ml    C. 0,27 ml    D. 0,20 ml    E. 0,33 ml



08) Chez le même patient de la question précédente, il présente 13g

d'Hb par décilitre de sang, sachant que le pouvoir oxyphorique de

l'Hb=1,39 ml d'O<sub>2</sub>, quelle est approximativement sa capacité en O<sub>2</sub> et en STPD exprimé en ml d'O<sub>2</sub>/ 100 ml de sang, parmi les valeurs proposées suivantes?

A. 16,68 B 21,29 C. 12,5 D. 18,07 E. 24,2

## Correction

Question	réponse	commentaire
1	A	Une augmentation de PCO <sub>2</sub> , de température et de 2,3 DPG déplace la courbe vers la droite, indiquant une diminution de l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène.
2	B	La pression partielle d'O <sub>2</sub> se calcule par $P(O_2) = 0,21 \times P_{at}$ , d'où $0,21 \times 248 = 52$ mm Hg (fractions d'air)
3	C	En moyenne, la concentration de CO <sub>2</sub> dissoute dans le sang artériel est souvent estimée entre 2 à 3 ml pour 100 ml de sang
4	C	Les échanges gazeux se font à la fois lors de l'inspiration et de l'expiration, pas uniquement en inspiration
5	D	Un effort modéré n'affecte pas significativement la diffusion des gaz, contrairement à d'autres facteurs précités.
6	B	La capacité de diffusion au repos pour un poumon sain est souvent autour de 20 à 30 ml/min/mmHg, donc 20 est une bonne estimation
7	D	
8	D	1g Hb _____ 1.39ml de O <sub>2</sub> 13 Hb _____ x $X = 13 \times 1.39 = 18,07$ ml de O <sub>2</sub>