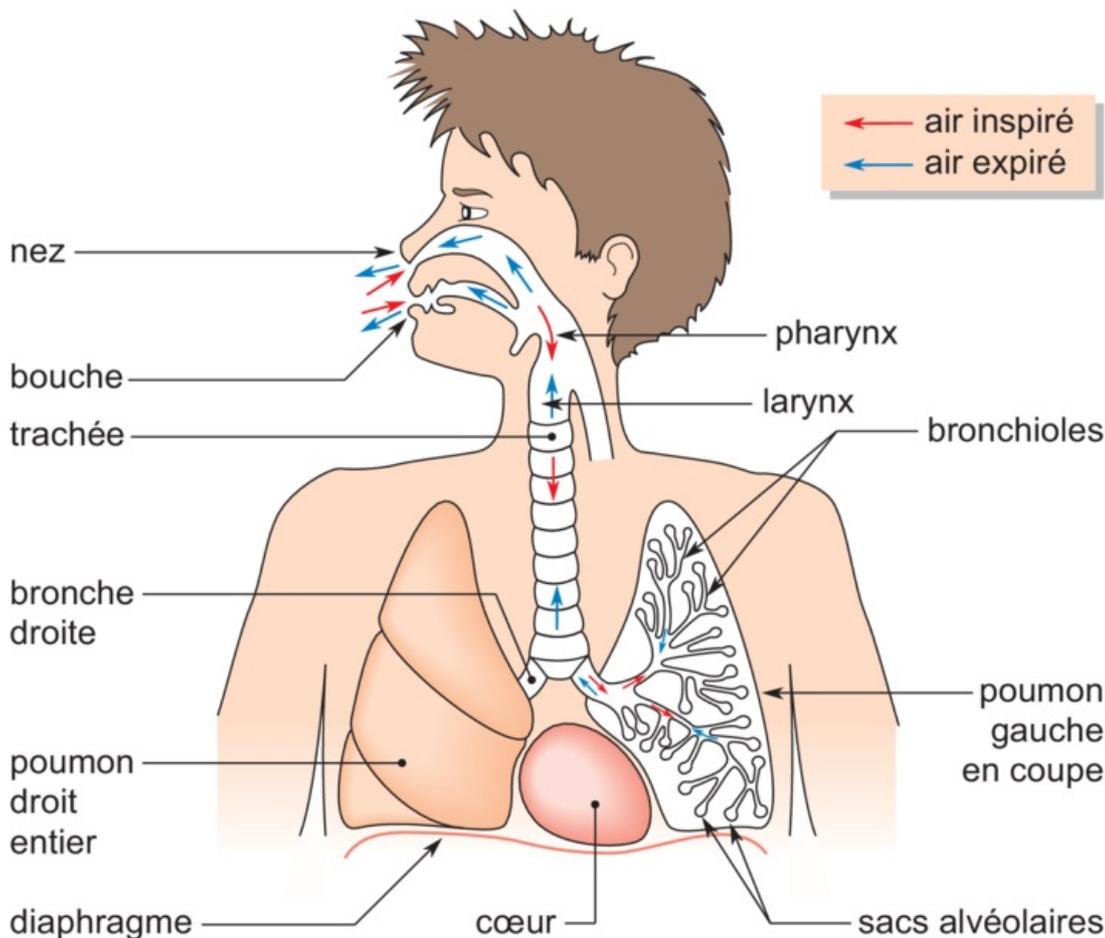


Fiche

L'appareil respiratoire est un ensemble d'organes et de tissus qui participent à la respiration, c'est-à-dire aux échanges d' O_2 et de CO_2 entre les cellules et le milieu extérieur. La majeure partie de l'appareil respiratoire est logée dans la cage thoracique. Les poumons sont reliés d'une part au milieu extérieur par un ensemble de conduits qui assurent le passage de l'air, et d'autre part aux cellules par le biais du système circulatoire. Chaque organe, chaque tissu de l'appareil respiratoire présente une structure particulièrement bien adaptée à sa fonction.

1. Quelle est la composition de l'appareil respiratoire ?



L'appareil respiratoire est composé :

- Des **voies respiratoires**, qui permettent les échanges d'air entre l'atmosphère et les poumons. Elles comprennent :
 - la cavité nasale (qui filtre, réchauffe et humidifie l'air) et la bouche ;
 - le pharynx, qui appartient également à l'appareil digestif ;
 - le larynx, qui permet en plus la phonation grâce à la présence de cordes vocales ;
 - la trachée, qui purifie, réchauffe et humidifie l'air, et sécrète un mucus protecteur.
- Des **voies intrapulmonaires**, qui amènent l'air des voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Ce sont :
 - les bronches, qui purifient, réchauffent et humidifient l'air, et sécrètent un mucus protecteur ;
 - les bronchioles, qui débouchent sur les sacs alvéolaires.
- Des **poumons**, deux organes spongieux et élastiques, qui renferment chacun environ 350 millions d'alvéoles pulmonaires.
- De la **plèvre**, un double feuillet séreux qui sécrète et contient le liquide pleural, et qui relie les poumons à la cage thoracique tout en les maintenant ouverts.

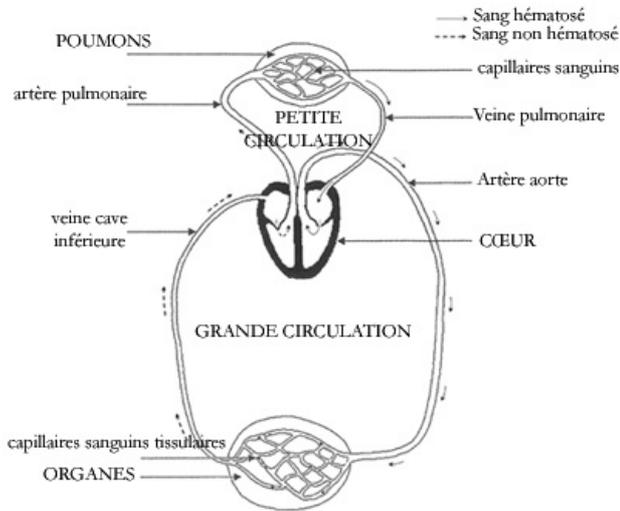
Le diaphragme est un muscle situé sous les poumons. Il s'abaisse pendant l'inspiration, pour laisser les poumons se distendre, et se

relève pendant l'expiration, pour aider les poumons à expulser l'air. Il n'est pas considéré comme une composante de l'appareil respiratoire.

 Exercice n°1

 Exercice n°2

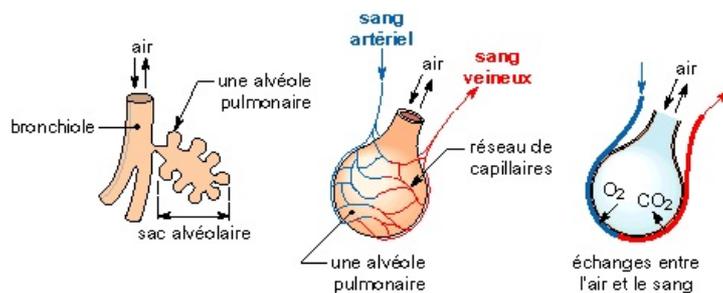
2. Quels sont les liens entre les appareils respiratoire et cardiovasculaire ?



- La **circulation systémique** (appelée aussi circulation générale ou grande circulation) permet d'approvisionner les cellules en O_2 et de récupérer le CO_2 qu'elles produisent. C'est l'**artère aorte**, qui se divise en artères plus petites, qui récupère le sang **hématosé** (= enrichi en O_2) et l'envoie vers les tissus. Quand les cellules ont été approvisionnées en O_2 par le réseau capillaire, le sang est dit non hématosé, il sort des tissus par des veinules puis des veines qui se rassemblent en deux veines caves (inférieure et supérieure) chargées de ramener le sang au cœur.

- La **circulation pulmonaire** ou petite circulation permet d'enrichir en O_2 et de débarrasser du CO_2 en excès le sang qui provient des tissus afin qu'il soit à nouveau hématosé. L'**artère pulmonaire** éjecte le sang **non hématosé** dans les poumons, jusqu'aux capillaires pulmonaires en contact étroit avec les alvéoles, au niveau desquelles s'effectuera le passage des molécules d' O_2 et de CO_2 . Les veines pulmonaires ramènent le sang hématosé au cœur.

L'alvéole pulmonaire et les échanges



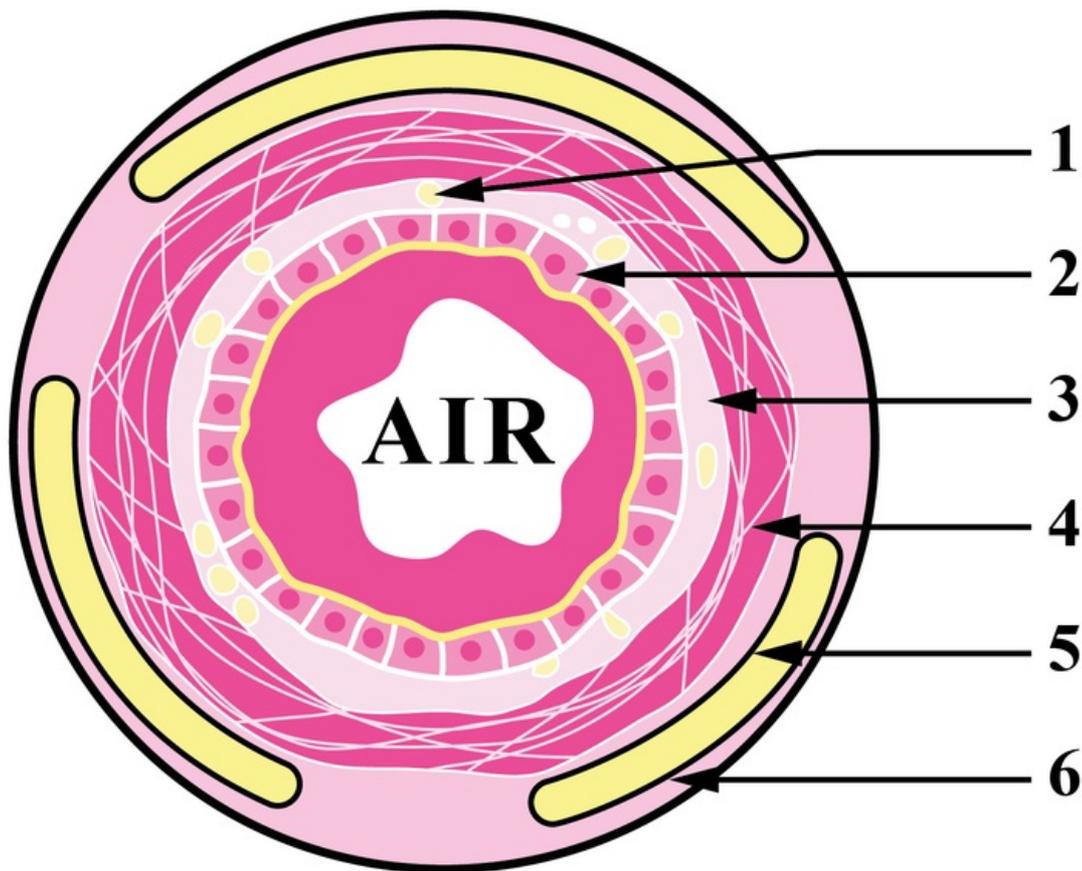
 Exercice n°3

 Exercice n°4

3. Quelle est la structure histologique des conduits respiratoires ?

- Les structures histologiques de la trachée et des bronches sont très proches, elles sont composées de plusieurs couches ou tuniques :
 - une **muqueuse**, composée d'un épithélium cilié (2) et de cellules caliciformes productrices de mucus (1) ; celui-ci retient les diverses particules inhalées pendant l'inspiration, tandis que les cils évacuent l'ensemble vers les voies digestives par le biais du pharynx ;
 - une **sous-muqueuse**, qui sécrète également du mucus (3), et qui présente des muscles lisses (4) et des vaisseaux sanguins ;
 - une **tunique médiane**, composée d'**anneaux cartilagineux** incomplets (pour permettre à l'œsophage, juste derrière, de se dilater au passage du bol alimentaire) (5) qui assurent la rigidité de la trachée et des bronches ;

- une **adventice**, composée de tissu conjonctif (6).



Coupe d'une bronche

- Au fur et à mesure de la diminution de leur diamètre, les bronchioles présentent de moins en moins de cartilage, de cils et de cellules à mucus : leur structure histologique se modifie pour ressembler de plus en plus à celle des tissus de la zone respiratoire.
- Les muscles lisses en forme d'anneau des bronches et des bronchioles permettent le contrôle de leur diamètre : bronchoconstriction ou bronchodilatation.

 [Exercice n°5](#)

 [Exercice n°6](#)

 [Exercice n°7](#)

 [Exercice n°8](#)

4. Pourquoi l'ultrastructure de la barrière alvéolo-capillaire est-elle particulièrement bien adaptée à sa fonction ?

La barrière alvéolo-capillaire doit être suffisamment perméable pour assurer la diffusion maximale des gaz respiratoires. Elle doit pour cela être la plus mince possible, et être dépourvue d'éléments susceptibles de freiner ou d'empêcher la diffusion.

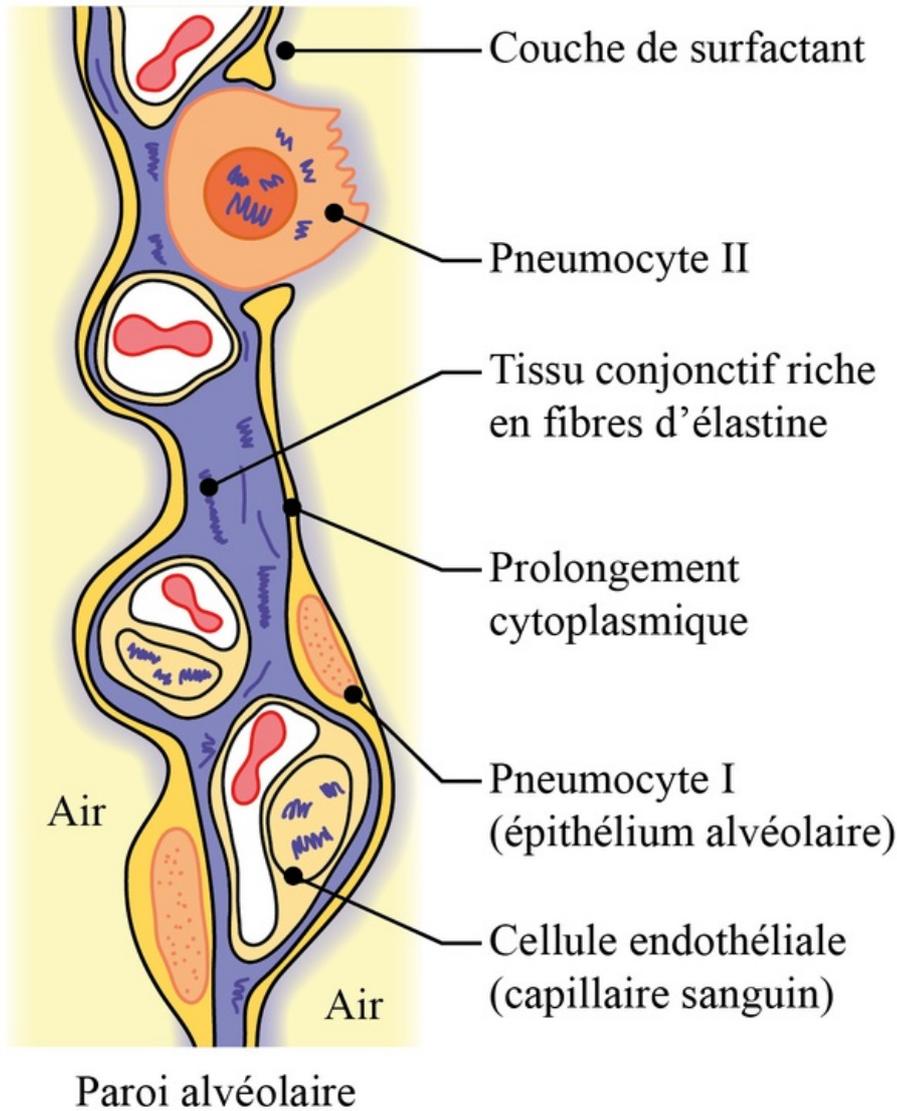
- Ainsi, les alvéoles pulmonaires sont constituées de deux types de cellules :
 - les **pneumocytes I**, qui forment une mince paroi d'épithélium pavimenteux ;
 - les **pneumocytes II**, qui produisent une substance tensioactive, le surfactant, et en tapissent l'intérieur de la paroi alvéolaire ; le surfactant maintient les alvéoles ouvertes en empêchant leur affaissement à l'expiration.

Des **macrophages** présents dans les alvéoles assurent leur protection et leur désinfection en ingérant et digérant les particules inhalées et qui ont échappé au tapis trachéo-bronchique (ensemble des cils et du mucus de la paroi de la trachée et des bronches : voir 3.).

Les capillaires sanguins sont les plus petits vaisseaux du corps, leur paroi est constituée d'une seule couche de cellules endothéliales.

On appelle **barrière alvéolo-capillaire** la structure responsable des échanges de gaz respiratoires et donc de la respiration. Elle est constituée, de l'intérieur vers l'extérieur : d'un film de surfactant, d'un pneumocyte I dont la membrane a fusionné avec la paroi du capillaire et du capillaire. Elle est donc suffisamment mince pour permettre une diffusion maximale des gaz respiratoires.

De manière plus générale, le nombre très important d'alvéoles pulmonaires donne aux poumons une surface d'échange optimale.



Exercice n°9

Exercice n°10

5. Quelle est la nature et le sens des échanges gazeux entre l'air, le sang et les tissus ?

- L'air contient un mélange très hétérogène de gaz, en qualité et en proportion :
 - **78 % d'azote** ou diazote (N_2), soit environ 78 kPa
 - **21 % de dioxygène**, soit environ 21 kPa
 - 1 % d'un mélange d'autres gaz, dont **0,03 % de CO_2** , soit environ 0,03 kPa

- Le tableau suivant nous donne les pourcentages de divers gaz respiratoires dans l'air et divers compartiments de l'organisme :

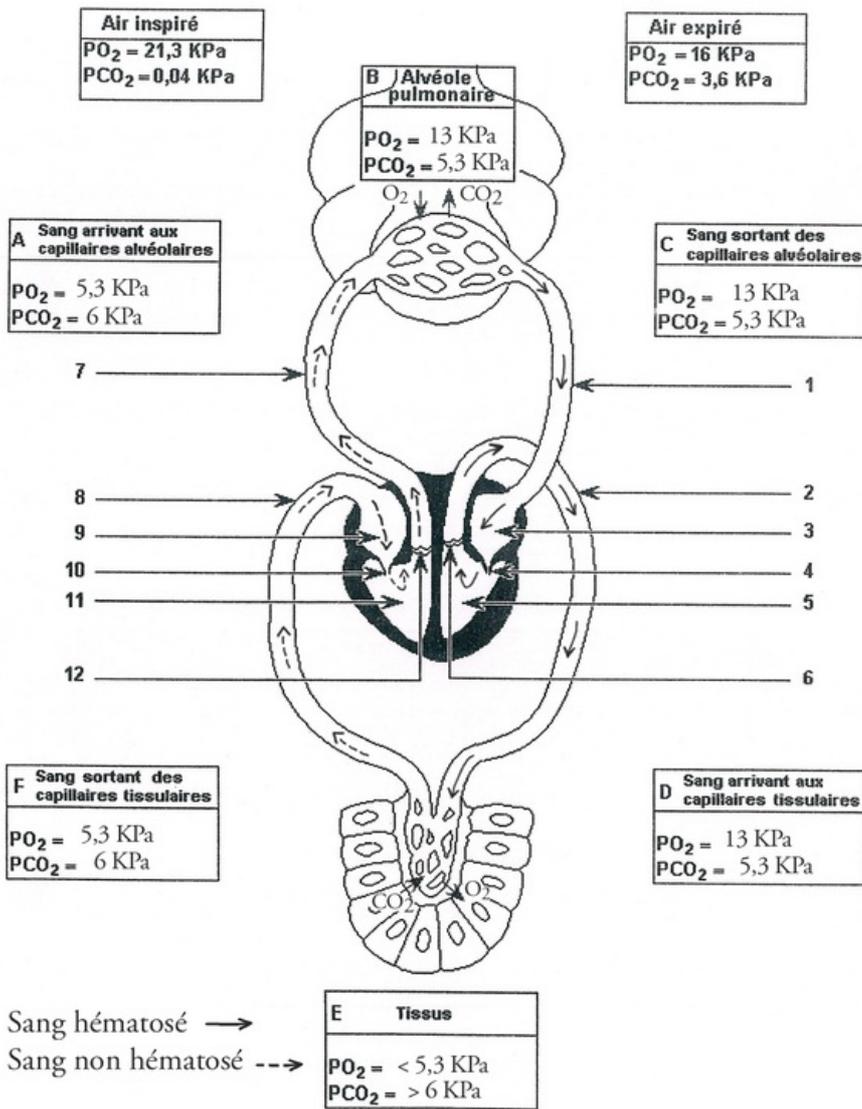
Gaz	Air atmosphérique (%)	Air inspiré (%)	Air alvéolaire (%)	Air expiré (%)
N_2	78	78	78	78
O_2	21	21	14	16
CO_2	0,03	0,03	5,4	4,7

- On remarque que les pressions partielles en O_2 et en CO_2 varient en fonction du compartiment considéré, tandis que la pression partielle de diazote reste stable en tous points de l'organisme, et égale à la pression atmosphérique. On peut en conclure que le diazote ne participe pas aux échanges respiratoires. O_2 et CO_2 sont les seuls gaz échangés entre les différents compartiments au cours de la respiration.

(1 : veine pulmonaire - 2 : aorte - 3 : oreillette gauche - 4 : valve mitrale - 5 :

ventricule gauche - 6 : valve aortique - 7 : artère pulmonaire - 8 : veine cave - 9 :

oreillette droite - 10 : valve tricuspide - 11 : ventricule droit - 12 : valve pulmonaire)

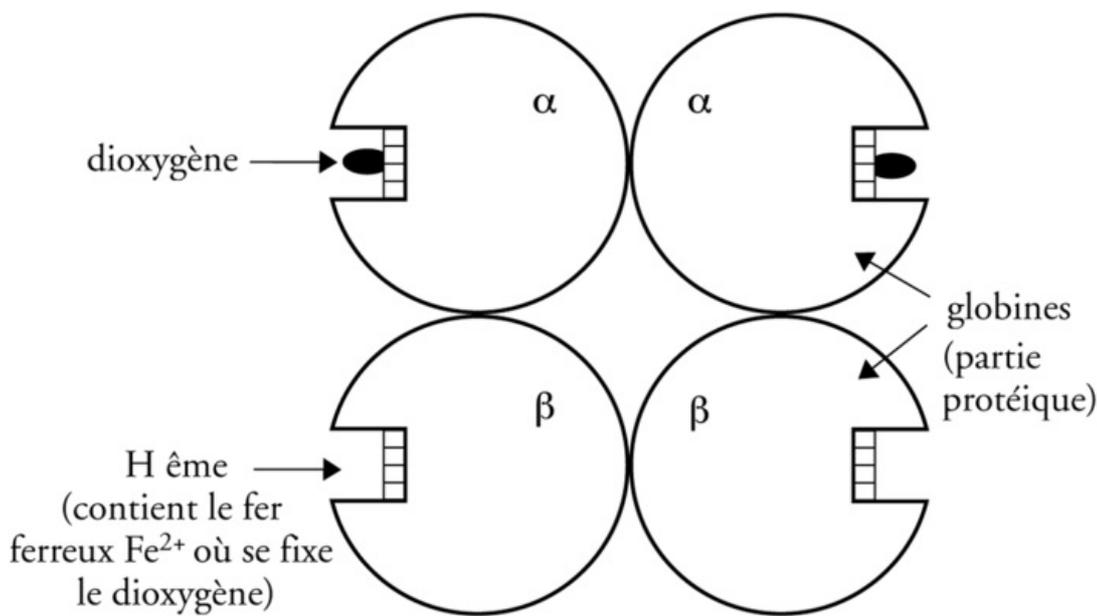


- Les échanges gazeux respiratoires suivent les lois de la diffusion, on peut en déduire le sens des échanges pour chaque gaz :
 - O_2 passe de l'air alvéolaire (pendant l'inspiration) au sang (par le biais des capillaires pulmonaires), le sang est alors hématosé, puis du sang aux tissus (par le biais des capillaires tissulaires), le sang devient non hématosé.
 - CO_2 , produit par les cellules, passe des tissus au sang (par le biais des capillaires tissulaires), puis du sang à l'air alvéolaire (par le biais des capillaires pulmonaires), pour être ensuite évacué lors de l'expiration.

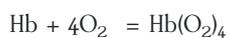
✍ Exercice n°11

6. Quelles sont les formes de transport du dioxygène dans le sang ?

- Tous les gaz ont la capacité de se dissoudre plus ou moins facilement, et en plus ou moins grande quantité, dans un liquide. Les gaz respiratoires ne dérogeant pas à cette règle, une partie, infime toutefois, des gaz respiratoires, est directement transportée sous **forme dissoute** dans le plasma sanguin.
- L'autre mode de transport commun aux deux gaz respiratoires est la molécule d'**hémoglobine** :



- L'hémoglobine (Hb) est une **hétéroprotéine** (protéine dont l'hydrolyse ne libère pas que des acides aminés, mais également d'autres composés non protidiques), composée de quatre sous-unités quasiment identiques, chaque sous-unité étant composée :
 - D'une protéine, la **globine**, d'une taille de 141 acides aminés (globine alpha) ou de 146 acides aminés (globine bêta) ; l'hémoglobine est composée au total de deux globines alpha, deux globines bêta ;
 - D'un groupement prosthétique (groupement non protidique présent dans les hétéroprotéines) ; l'**hème**, qui contient un atome de fer ferreux (Fe²⁺) capable de fixer une molécule de dioxygène.
- Grâce à ses sous-unités quasiment identiques, la molécule d'hémoglobine peut fixer 4 molécules d'O₂ au total sur les atomes de fer des hèmes. Dans ce cas, on parlera d'**hémoglobine saturée** ou **oxyhémoglobine**.



- L'O₂ sanguin est à **98,5 % transportée par l'hémoglobine**, les 1,5 % restant sont directement **dissous dans le sang**. Au total, les besoins des cellules en O₂ correspondent à 20 mL de dioxygène pour 100 mL de sang.

 [Exercice n°12](#)

 [Exercice n°13](#)

7. Quelles sont les formes de transport du dioxyde de carbone dans le sang ?

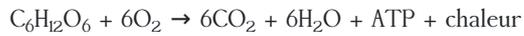
- Le CO₂ se dissout 20 fois mieux dans le sang que le dioxygène, la **forme dissoute** représente en effet à peu près **10 %** du dioxyde de carbone transporté.
- L'hémoglobine peut également prendre en charge le dioxyde de carbone, au niveau d'emplacements situés sur les molécules de globine, le CO₂ n'est donc pas en concurrence avec le dioxygène. On nomme **carbémoglobine** l'hémoglobine qui a fixé des molécules de dioxyde de carbone, elle représente environ **25 %** du dioxyde de carbone transporté. D'autres protéines peuvent fixer du dioxyde de carbone en plus petite quantité toutefois, pour former des **composés carbaminés**.
- Les **65 %** restant du dioxyde de carbone produit et rejeté dans le sang par les cellules va se combiner à des molécules d'eau pour se retrouver sous sa forme hydratée, l'**acide carbonique** puis l'**ion hydrogénocarbonate**.
- Cette réaction se produit à la fois dans le plasma sanguin et dans le cytoplasme des hématies, où, grâce à une enzyme, l'**anhydrase carbonique**, elle est 2000 fois plus rapide.
- L'acide carbonique produit par la réaction d'hydratation n'est pas stable, il va rapidement se dissocier en ions hydrogénocarbonates et en protons. L'augmentation du nombre de protons va faire baisser le pH, mais les ions hydrogénocarbonates vont s'avérer indispensables à l'organisme, car ils sont capables de stabiliser le pH sanguin. Ils constituent la **réserve alcaline** du sang.

 [Exercice n°14](#)

8. Qu'est-ce que la respiration cellulaire ?

- C'est la production d'énergie par les mitochondries en présence de dioxygène. Le glucose est la matière première principale des cellules, mais sans dioxygène la production d'énergie, sous forme d'une molécule, l'ATP, est très réduite.

La respiration cellulaire se produit selon la réaction suivante :



À retenir

- L'appareil respiratoire, situé à l'intérieur de la cage thoracique et au-dessus, permet les échanges d'O₂ et de CO₂ entre l'organisme et le milieu extérieur, qu'on regroupe sous le nom de **respiration**.
- L'appareil circulatoire assure le transport des gaz respiratoires entre les poumons et les cellules.
- La structure et l'ultrastructure de l'appareil respiratoire permettent d'obtenir un volume d'échange des gaz respiratoires optimal :
 - le mucus et les cils de la muqueuse trachéo-bronchique purifient les voies respiratoires ;
 - les nombreuses alvéoles pulmonaires procurent aux poumons une très grande surface de contact entre l'air et le sang ;
 - la paroi alvéolaire, très mince et étroitement reliée à un capillaire, permet une diffusion optimale des gaz ;
 - le surfactant empêche les alvéoles de s'affaisser à l'expiration, qui restent donc toujours prêtes à accueillir l'air de l'inspiration suivante.
- La diffusion des gaz se fait toujours du compartiment où la pression partielle est la plus forte vers celui dont elle est la plus faible.
- Les échanges gazeux respiratoires concernent uniquement le dioxygène et le dioxyde de carbone.
- Le dioxygène diffuse de l'air alvéolaire vers le sang, puis du sang aux tissus.
- Le dioxyde de carbone diffuse des tissus vers le sang, puis du sang vers l'air alvéolaire.
- Le dioxygène est transporté majoritairement par l'hémoglobine, sur les atomes de fer des hèmes.
- Le dioxyde de carbone est majoritairement transporté sous forme hydratée (ion hydrogénocarbonate) dans le sang.
- Le dioxyde de carbone peut se fixer sur l'hémoglobine, mais pas sur le même site que le dioxygène.