



7- Niveau 3 :

La surpression pulmonaire L'accident de décompression

Ce sont les deux accidents les plus spectaculaires que peut subir un plongeur. Ce sont ceux dont on parle le plus souvent, bien qu'ils soient somme toute assez rares.

Ces deux accidents partagent de nombreux points commun : ils arrivent lors de la remontée, ils peuvent avoir des séquelles très graves et souvent non réversibles, ils appellent le même traitement

et surtout ... ils sont tous les deux très faciles à prévenir !



Sommaire

Un peu de physique

La dissolution des gaz dans les liquides

Un peu de physiologie

La circulation

La respiration

La surpression pulmonaire

Cause, mécanisme & symptômes, conduite à tenir, facteurs favorisants, prévention

L'accident de décompression

Cause & mécanisme, symptômes, conduite à tenir, facteurs favorisants, prévention



An aerial photograph of a coastline, showing a large bay on the left and a narrow channel or inlet on the right. The water is a deep blue-green color, and the land is a lighter, textured green. The text "Un peu de physique" is overlaid in white on the left side of the image.

Un peu de physique

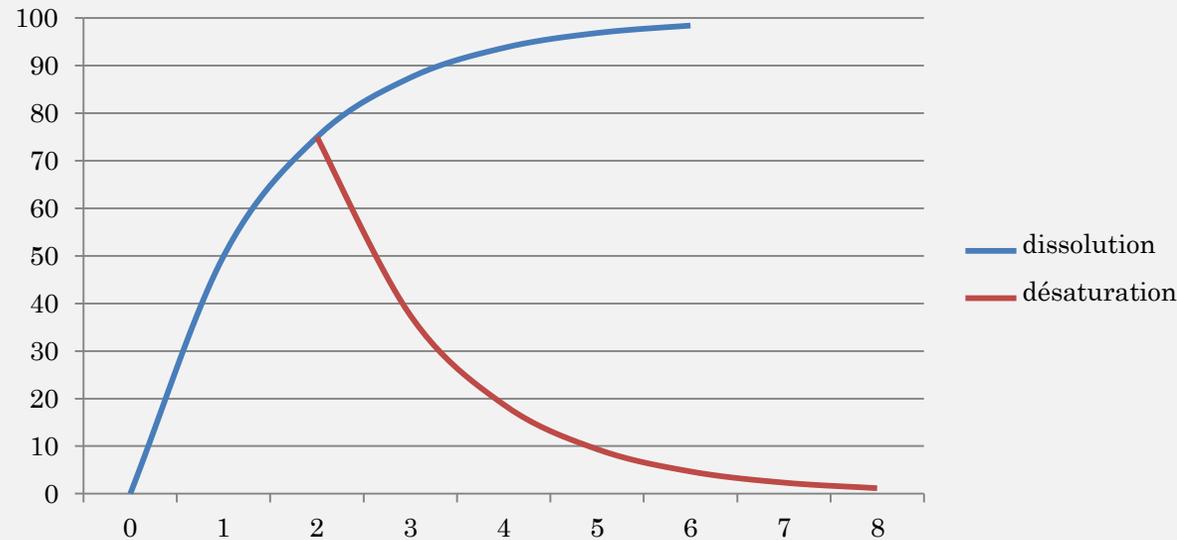
La dissolution des gaz (1)

- Lorsqu'un gaz est en contact avec un liquide, une partie du gaz pénètre dans le liquide. Il s'y dissout.
 - Au bout d'un certain temps, le gaz ne peut plus se dissoudre. On dit qu'il y a **saturation**.
 - Pour arriver à saturation, la dissolution dépend de nombreux facteurs, en particulier **le temps** et **la pression du gaz** au dessus du liquide
- La loi de Henry dit que, à saturation, la quantité de gaz dissoute dans le liquide est proportionnelle à la pression du gaz sur le liquide
 - En d'autres termes, si la pression est multipliée par deux, le gaz recommence à se dissoudre jusqu'à ce qu'il y ait deux fois plus de gaz dans le liquide
 - Pour quantifier la quantité de gaz dissout, on parle de tension de gaz dans le liquide que l'on peut assimiler à une pression partielle
- En revanche, si la pression est divisée par deux, le gaz va se « dégager » du liquide jusqu'à ce qu'il y ait deux fois moins de gaz dans le liquide. Le liquide est en **désaturation**.
 - Ce dégagement est progressif, à condition que la différence entre la tension du gaz dissout et la pression du gaz sur le liquide ne soit pas trop importante
 - En revanche, si la différence entre la tension du gaz dans le liquide et la pression du gaz extérieur devient trop importante, la désaturation se fait de façon dite anarchique, avec **apparition de bulles**.



La dissolution des gaz (2)

- La dissolution ou la désaturation du gaz ne sont pas instantanées, le facteur temps est très important
- La courbe de dissolution / désaturation est schématiquement la suivante



- La dissolution / désaturation est très rapide au début et de plus en plus lente
 - Il faut beaucoup de temps pour désaturer complètement, même si la dissolution n'a pas été complète !



La saturation du plongeur

En début de plongée

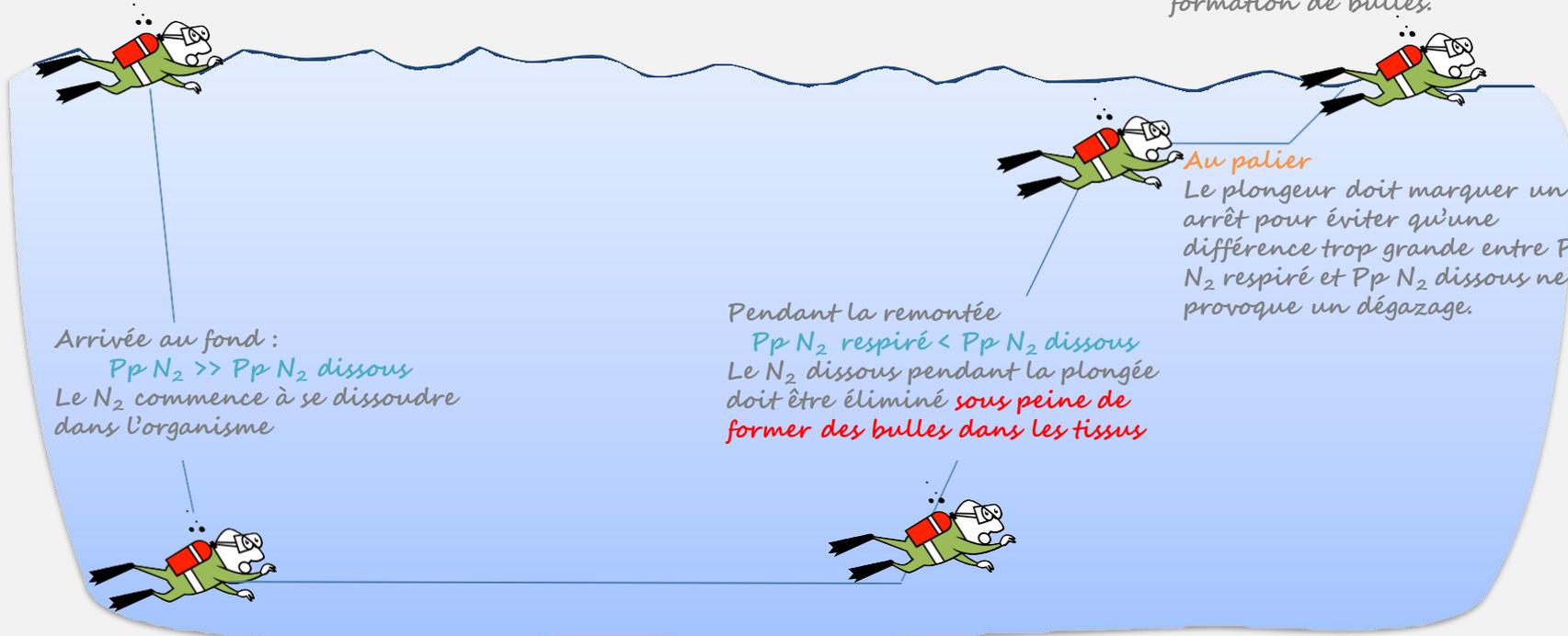
$$P_p N_2 \text{ respiré} = P_p N_2 \text{ dissous}$$

Le plongeur est en équilibre avec l'environnement : pas de dissolution, ni d'élimination

En fin de plongée

$$P_p N_2 \text{ respiré} < P_p N_2 \text{ dissous}$$

Le plongeur a éliminé assez d'azote pour que la différence des $P_p N_2$ ne provoque pas la formation de bulles.



Arrivée au fond :

$$P_p N_2 \gg P_p N_2 \text{ dissous}$$

Le N_2 commence à se dissoudre dans l'organisme

Pendant la remontée

$$P_p N_2 \text{ respiré} < P_p N_2 \text{ dissous}$$

Le N_2 dissous pendant la plongée doit être éliminé **sous peine de former des bulles dans les tissus**

Au palier

Le plongeur doit marquer un arrêt pour éviter qu'une différence trop grande entre $P_p N_2$ respiré et $P_p N_2$ dissous ne provoque un dégazage.

Pendant la plongée

$$P_p N_2 \text{ respiré} > P_p N_2 \text{ dissous}$$

Le N_2 continue à se dissoudre dans l'organisme.



UN PEU DE PHYSIOLOGIE

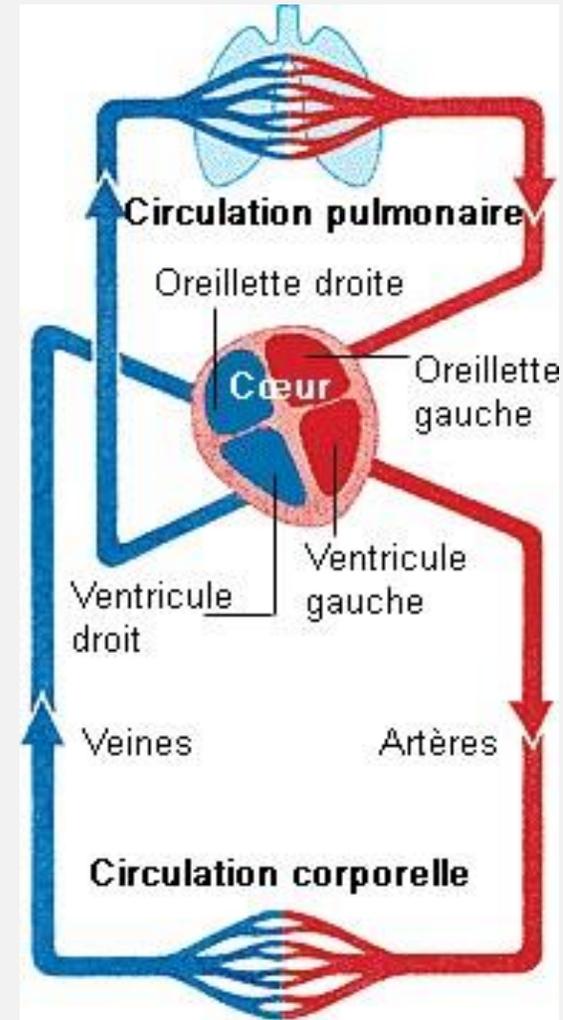
La circulation

Rôle et vue d'ensemble

- *Plusieurs rôles*
 - *Apporter l'O₂ aux tissus et évacuer le CO₂*
 - *Participer aux défenses immunitaires*
 - *Participer à la régulation de la température*
 - *Etc.*

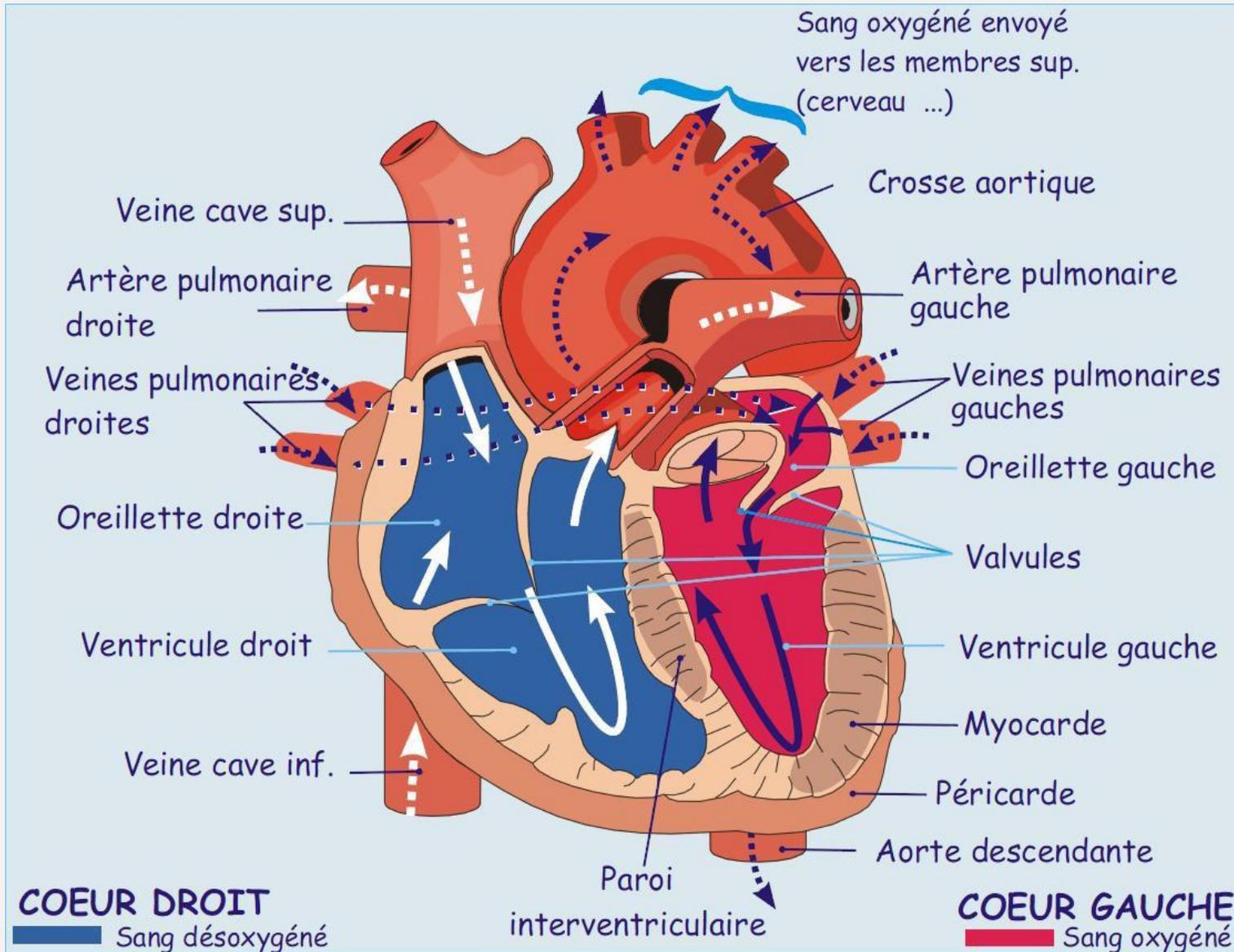
Nous nous intéressons à la 1ère fonction

- *Pour transporter les gaz, plusieurs éléments*
 - *Une pompe : le cœur*
 - *Des tuyaux : les vaisseaux sanguins*
 - *Un transporteur : le sang*
- *Et deux circulations*
 - *La grande circulation ou circulation corporelle* Elle permet d'apporter l'O₂ aux organes et de récupérer le CO₂ qu'ils produisent
 - *La petite circulation ou circulation pulmonaire* Elle permet d'évacuer le CO₂ présent dans le sang et de reprendre de l'O₂ de l'air extérieur



La circulation

Le cœur



La circulation

Le cœur, quelques précisions

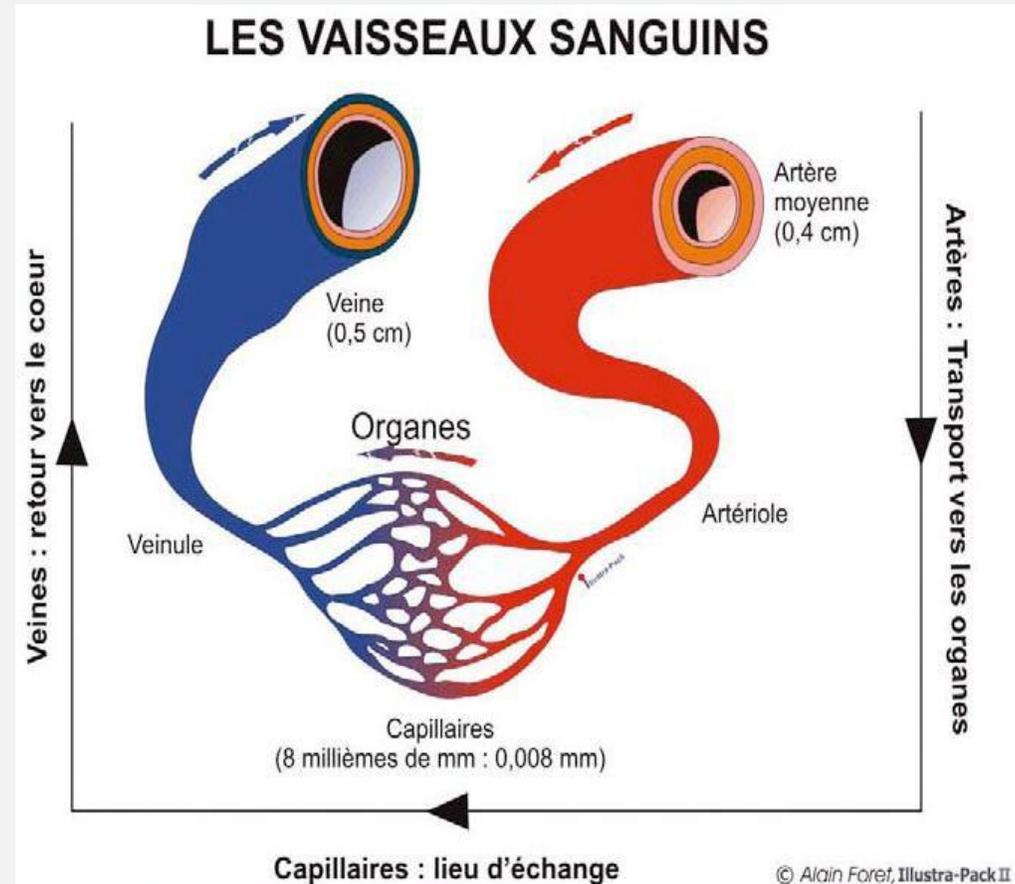
- *Le cœur est un muscle*
 - *Il se contracte automatiquement (phase active, commandée par le système nerveux végétatif)*
 - *Puis se relâche (phase passive)*
 - *Le rythme dépend de l'activité physique*
- *Le cœur est compartimenté*
 - *Il n'y a pas de mélange entre la partie gauche (sang oxygéné) et la partie droite (sang hématosé)*
 - *Attention : sous certaines conditions, cette séparation peut être brisée (foramen ovale, shunts...). Ce phénomène fort dommageable doit être évité.*
 - *Entre les compartiments, des valvules assurent le rôle de clapet anti retour*
 - *Une atteinte de ces valvules diminue significativement l'efficacité de la pompe cardiaque et constitue une contre-indication à la plongée.*
- *Peu de vaisseaux quittent ou rejoignent le cœur*
 - *L'aorte, qui se divise directement en cinq (4 vers la tête, une vers le bas)*
 - *Les veines caves supérieure et inférieure*
 - *Les artères pulmonaires*
 - *Les veines pulmonaires*
- *Il existe des shunts (circuits de dérivation) pour pallier les défaillances du système (surpression sanguine au niveau du cœur ou des poumons)*



La circulation

Les vaisseaux sanguins

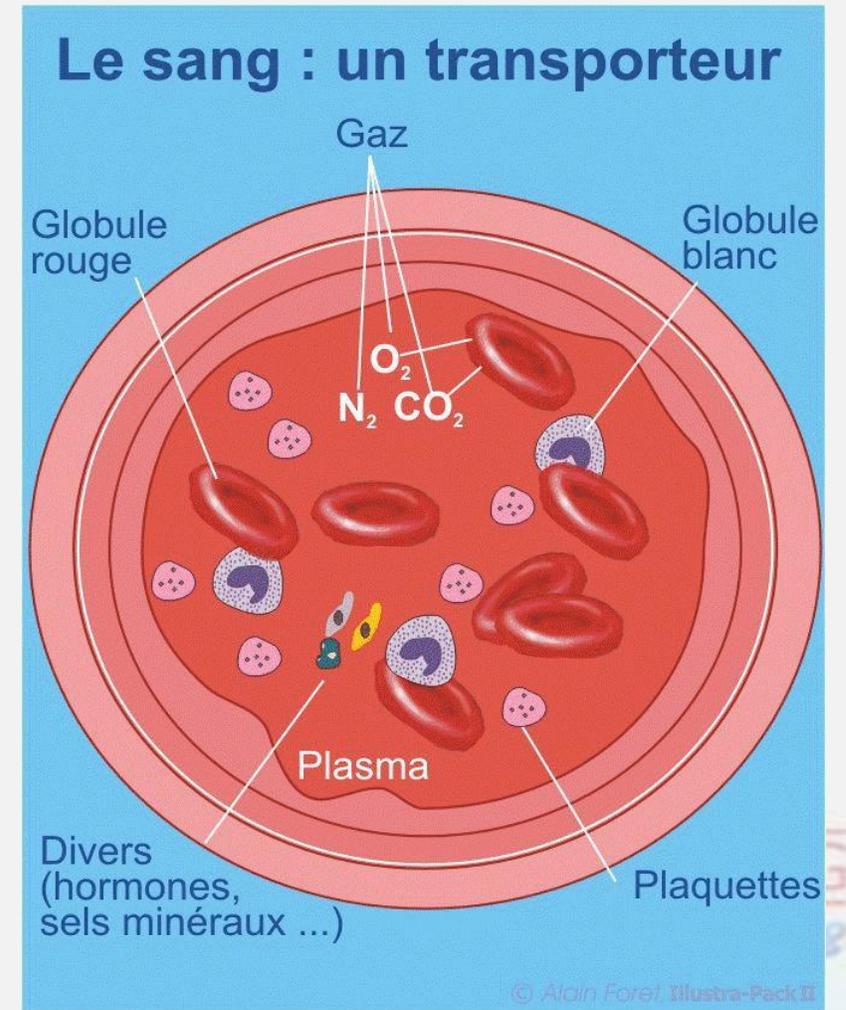
- A la sortie du cœur,
 - le sang emprunte les artères
 - qui se divisent en artérioles
 - puis en capillaires
 - qui irriguent tous les tissus de l'organisme
- Une fois l'échange gazeux effectué,
 - les capillaires se rassemblent en veinules
 - Puis en veines
 - Qui rejoignent le cœur (veines caves)
- La circulation pulmonaire suit le même schéma.



La circulation

Le sang

- *Un liquide : le plasma*
- *Des globules rouges*
 - *Transportent l'O₂ et, pour partie, le CO₂*
- *Des globules blancs*
 - *Système immunitaire*
- *Des plaquettes*
 - *Lutte contre les hémorragies : déclenchent la coagulation du sang*
- *Des sels minéraux, des hormones, des gaz dissous, etc*



La respiration

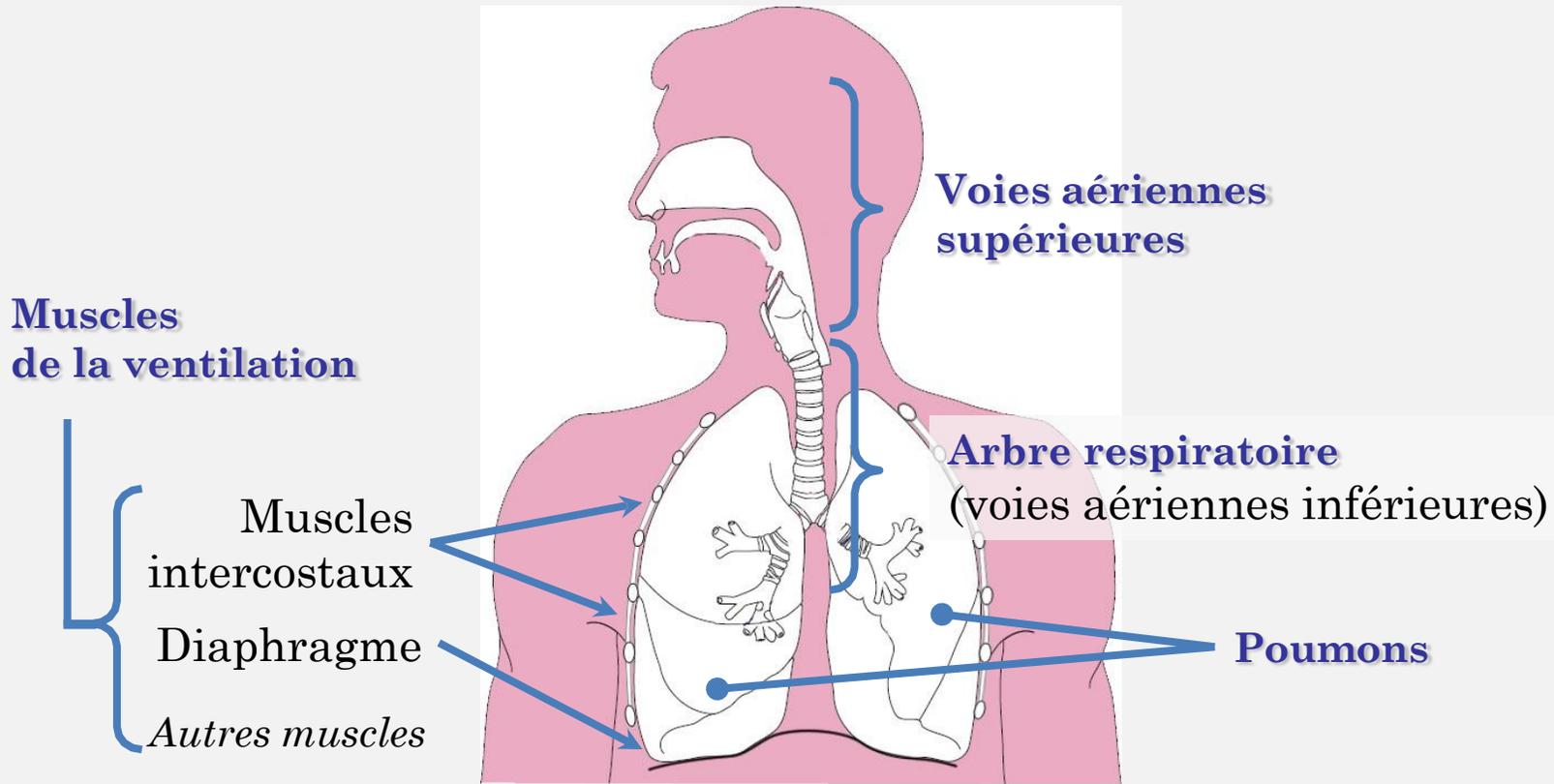
Rôle et définition

- *L'activité du corps humain*
 - *Consomme de l'O₂ qui doit être amené de l'extérieur*
 - *Produit du CO₂ qui doit être rejeté du corps*
 - *Ces gaz sont transportés par le sang à l'intérieur du corps humain*
- *La respiration désigne l'ensemble des fonctions nécessaires aux échanges gazeux entre le corps et son environnement*
- *On la divise en deux sous-fonctions :*
 - *La ventilation : c'est un phénomène mécanique qui permet les échanges d'air avec l'extérieur*
 - *La respiration : c'est un phénomène cellulaire d'échange gazeux entre le sang et les tissus*



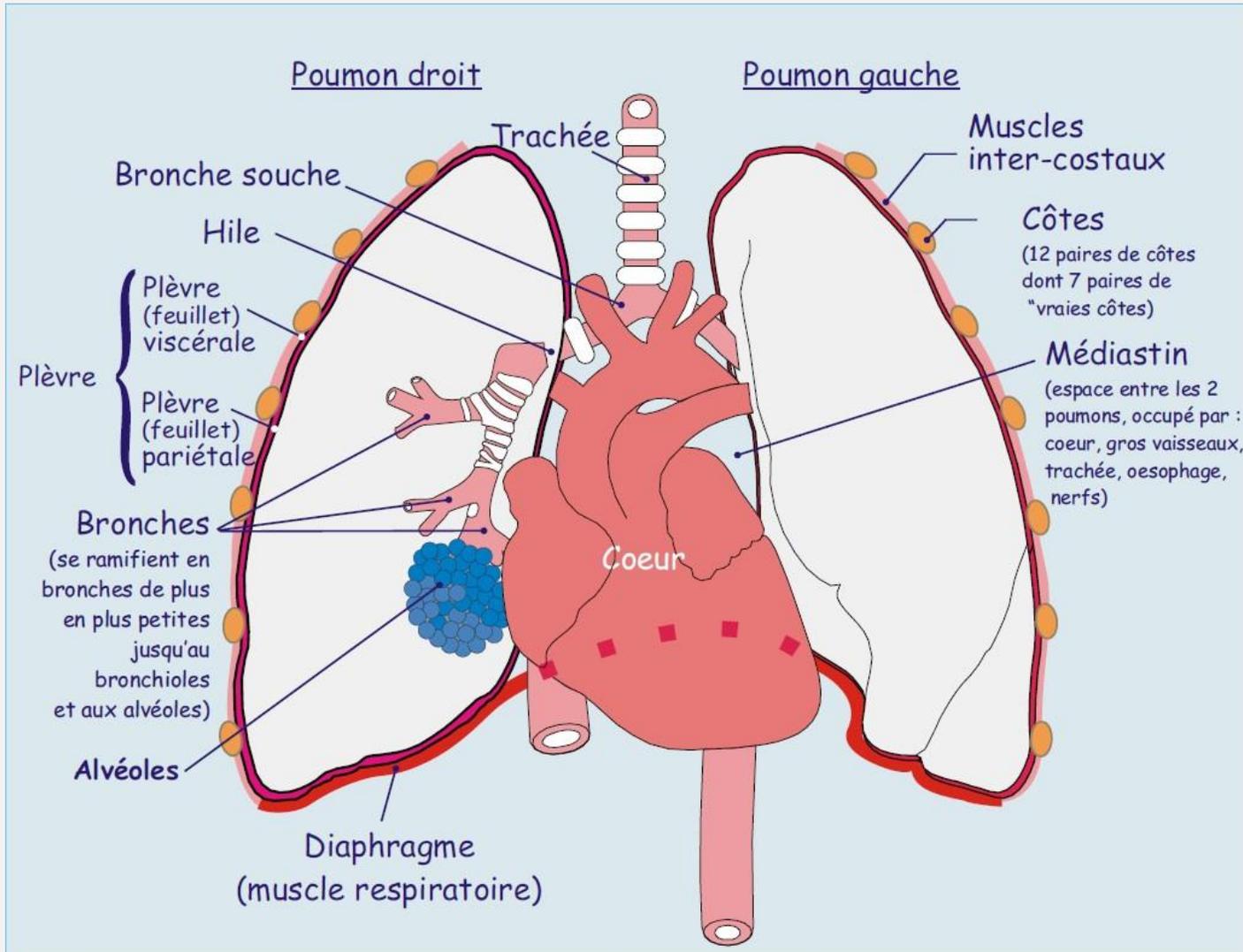
La respiration

Vue d'ensemble



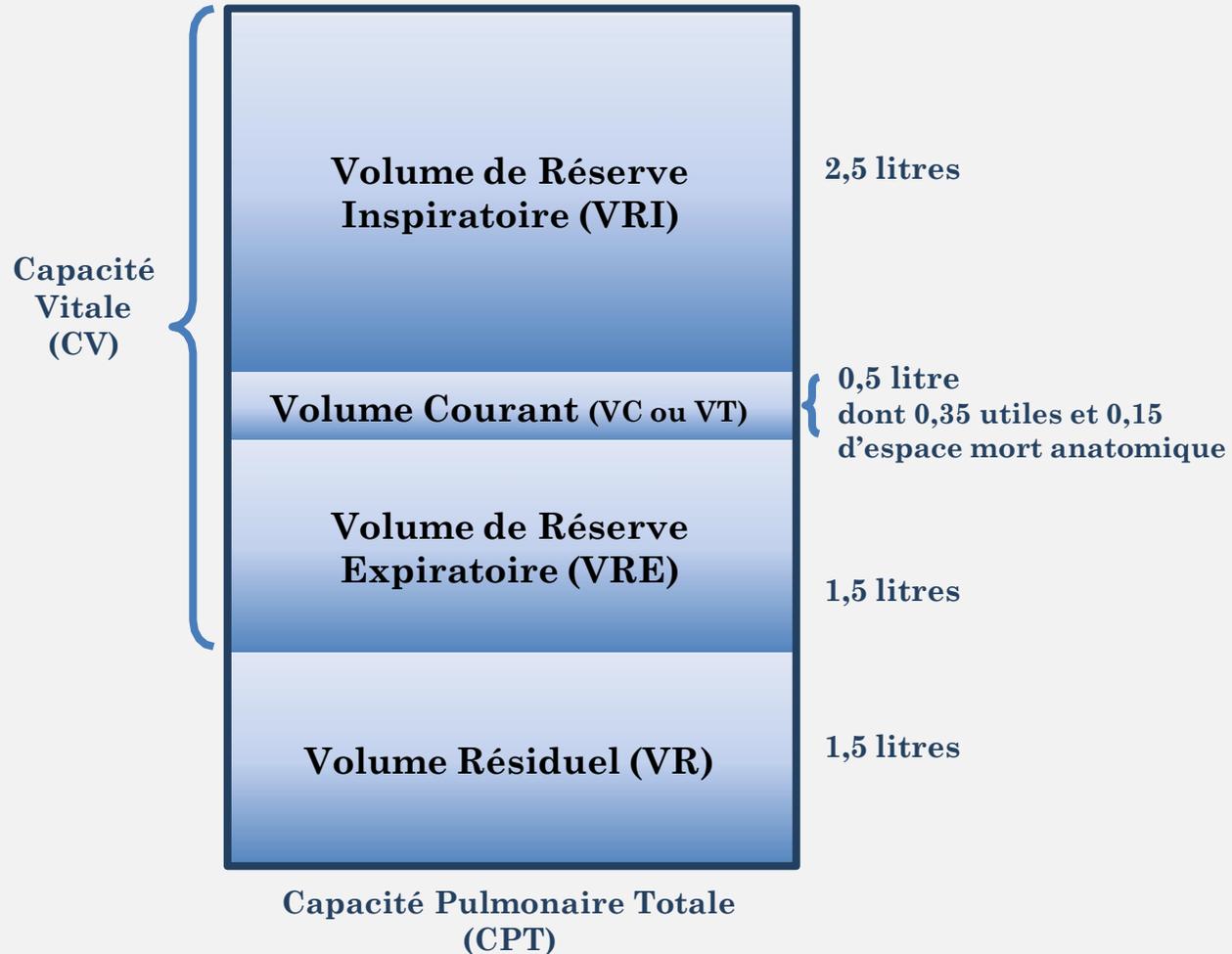
La respiration

Les poumons : Anatomie



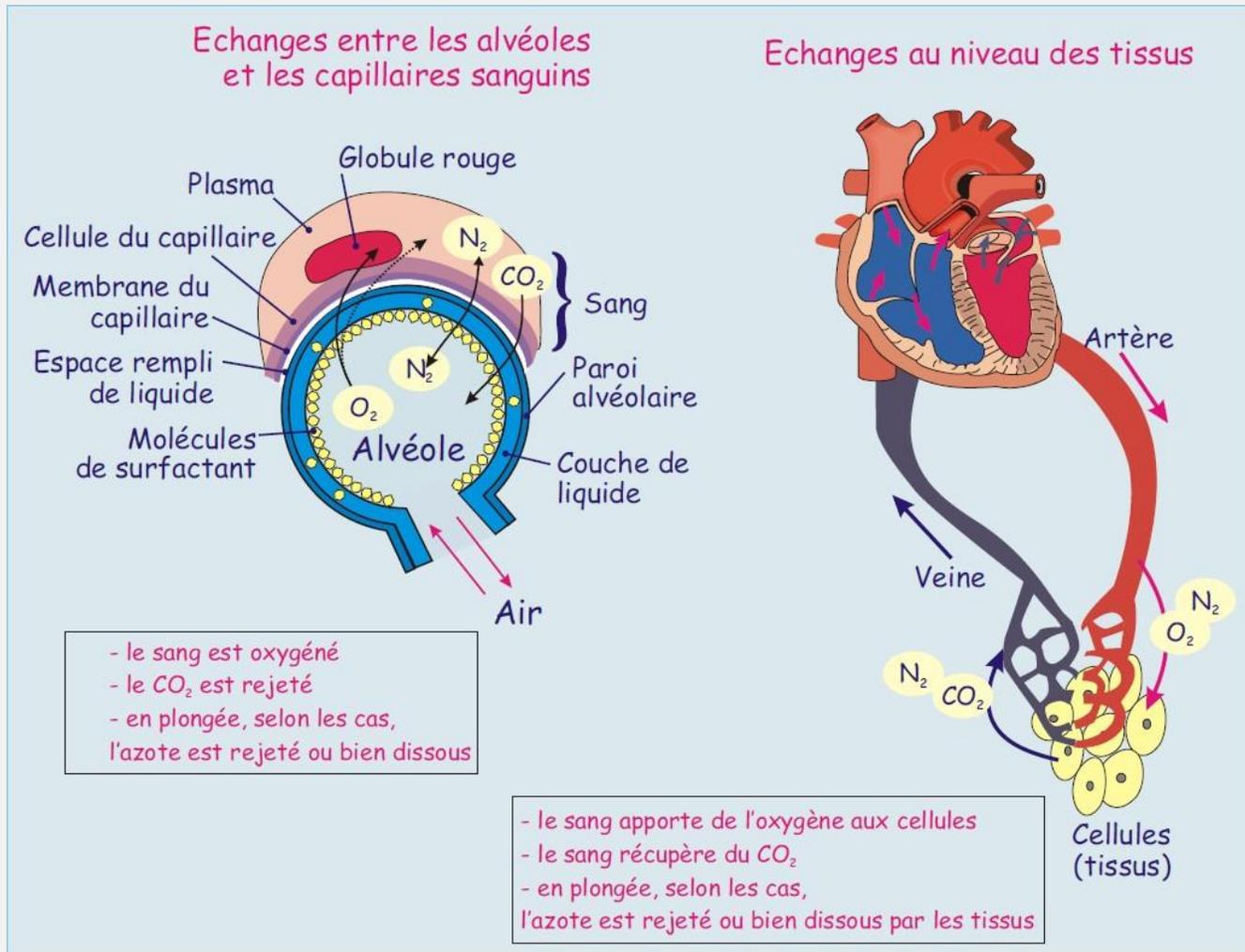
La respiration

Les poumons : Volumes pulmonaires



La respiration

Les échanges gazeux



LA SURPRESSION PULMONAIRE

La surpression pulmonaire

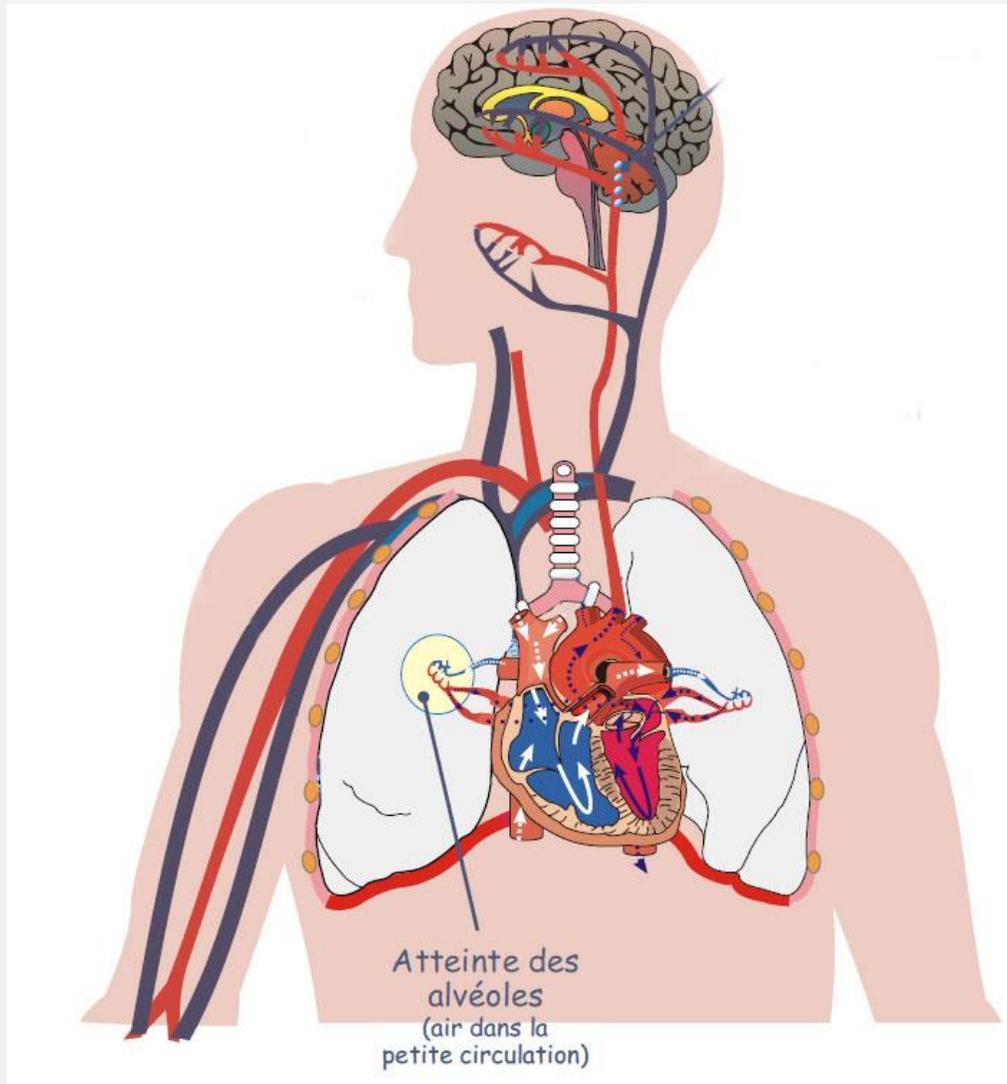
Cause

- En plongée le plongeur respire de l'air à la pression ambiante
 - Exemple : à 20m, il respire de l'air à 3 bars
- Son volume pulmonaire moyen est de 4 ou 5 litres environ
- Si le plongeur remonte sans expirer, l'air contenu dans ses poumons va se dilater selon la loi de Boyle Mariotte
 - Pour reprendre l'exemple précédent, le volume passera de 4 à 12 litres
- Malheureusement, les poumons sont très peu extensibles et très fragiles à la surpression
 - La surpression va créer des lésions très graves
 - Ces lésions peuvent intervenir dès 0,3 bars de surpression (une remontée de 3m)
- C'est ce que l'on appelle la surpression pulmonaire
 - Cet accident va endommager la fonction respiratoire qui est vitale
 - C'est le plus grave des barotraumatismes
 - ... et sans doute le plus grave des accidents de plongée !



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

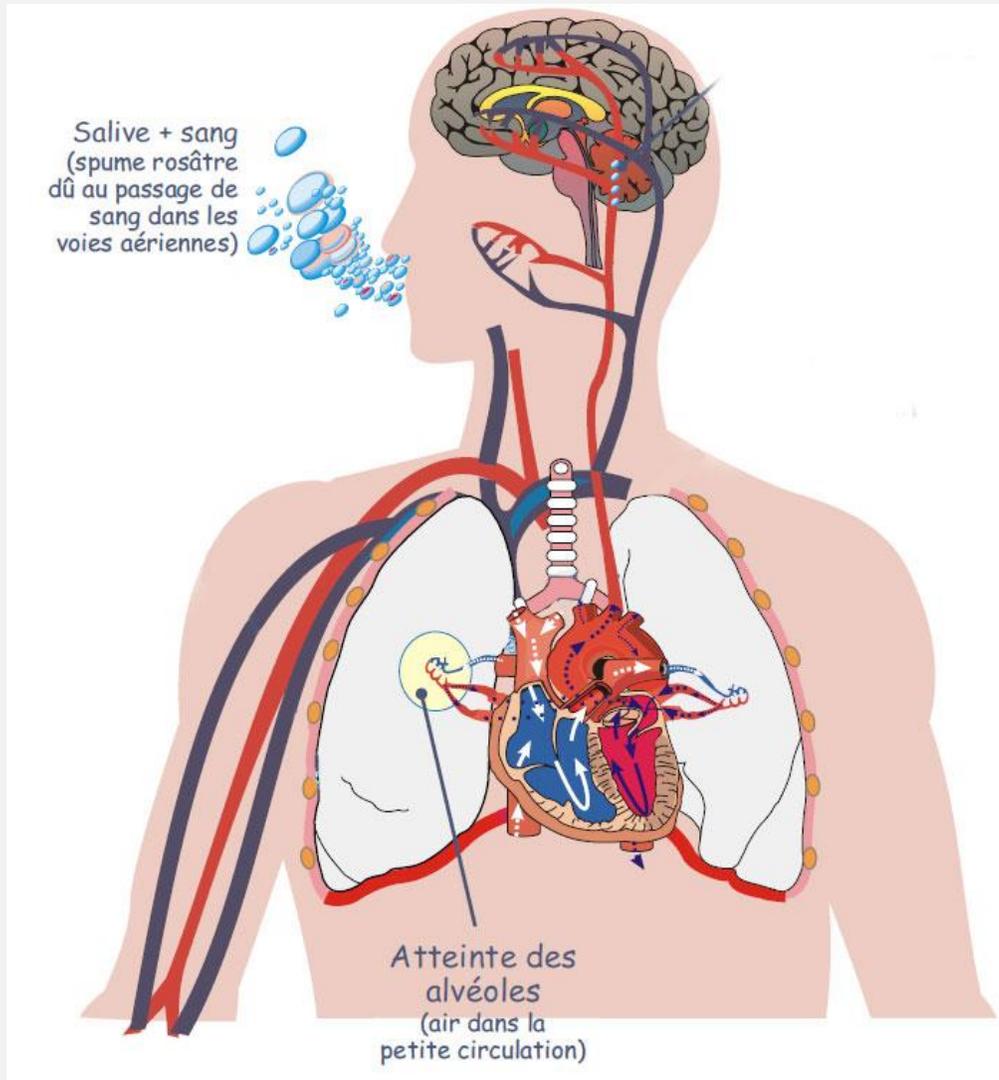


- Distension alvéolaire
 - Lésions au niveau des alvéoles
- Perturbation des échanges gazeux
- Passage d'air dans la petite circulation (circuit entre le cœur et les poumons)



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

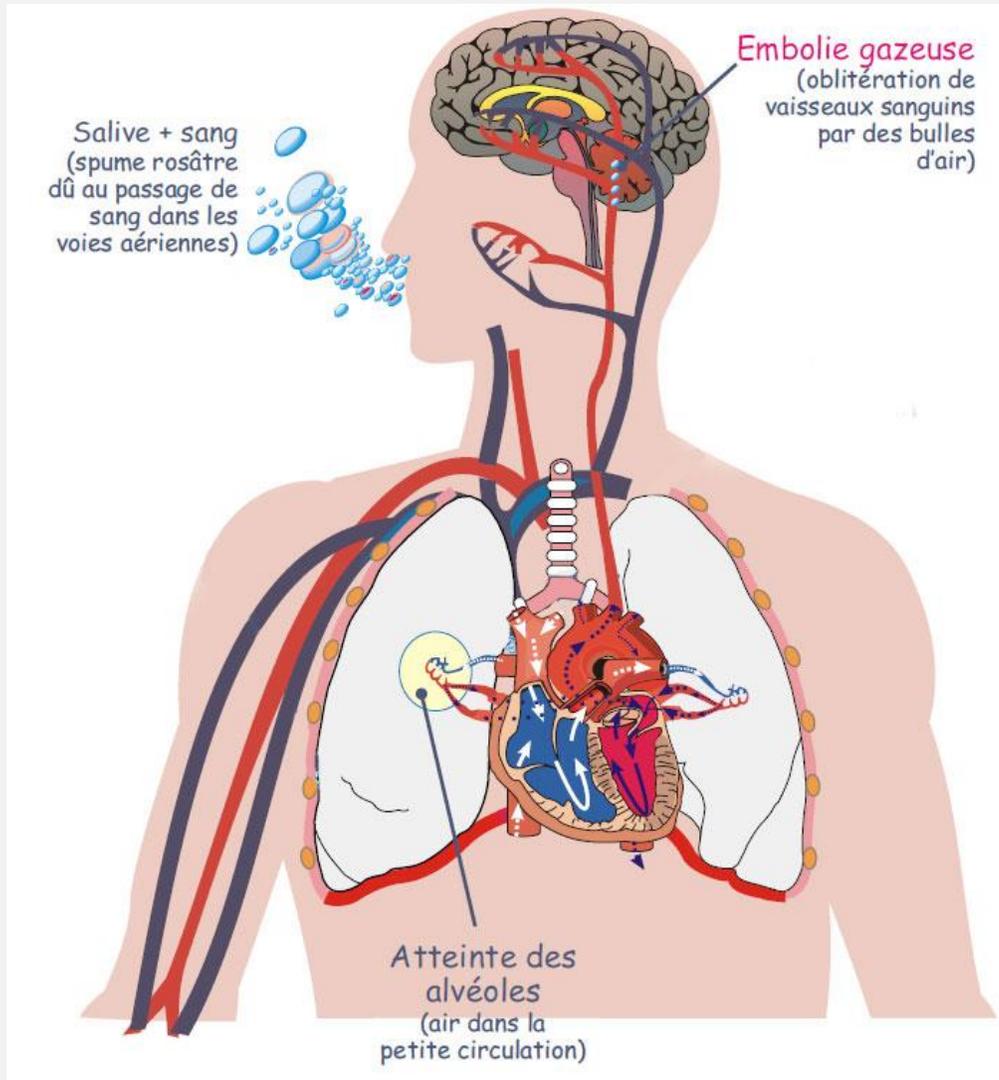


- Lésions au niveau des alvéoles
 - Le sang passe dans les voies aériennes et se traduit par des crachats rosâtres (spume rosâtre)
- Perturbation des échanges gazeux
 - Difficultés respiratoires



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

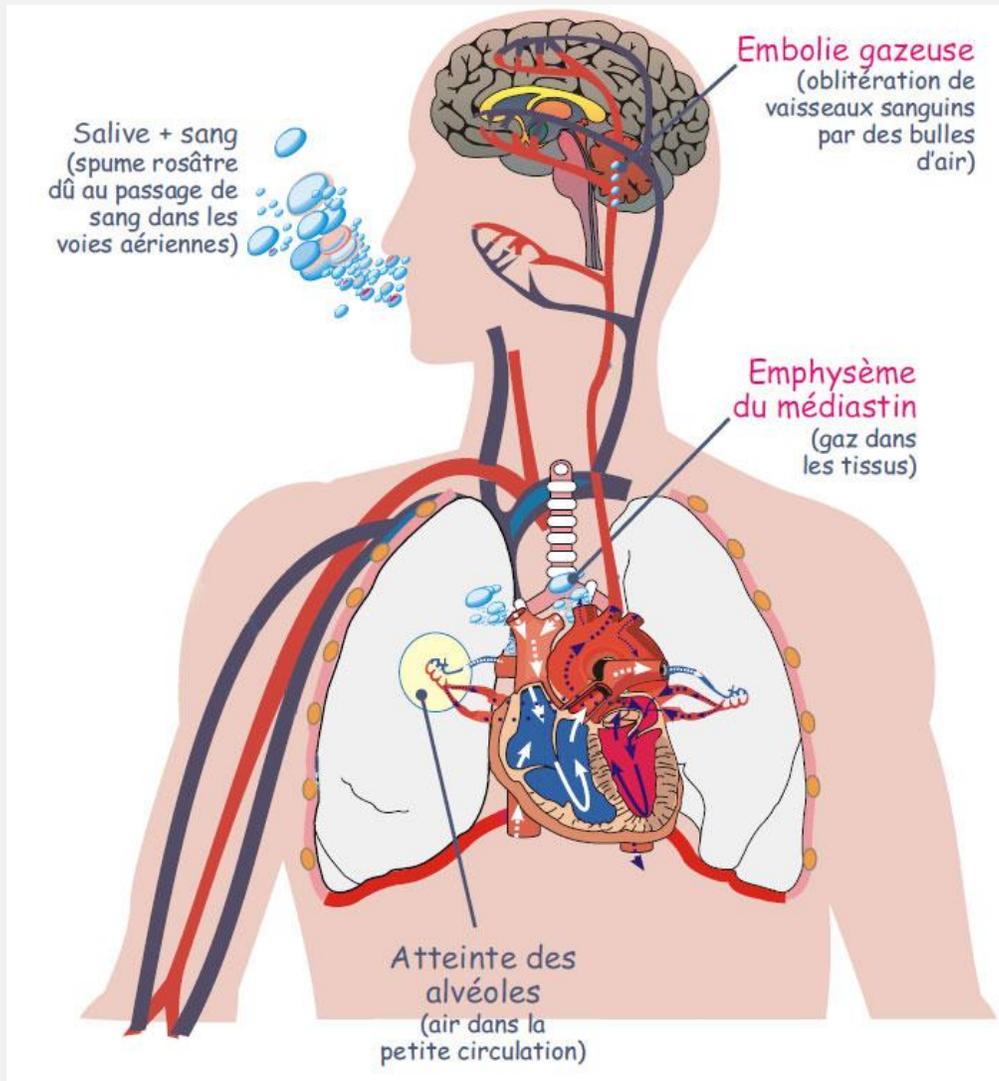


- Passage d'air dans la petite circulation
 - L'air est ramené vers le cœur et passe dans la grande circulation
 - Risque d'accident de décompression
- Embolie gazeuse cérébrale
 - Atteinte cérébrale
 - Paralysie (monoplégie, hémiplegie ...), nausées, vertiges, etc.



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

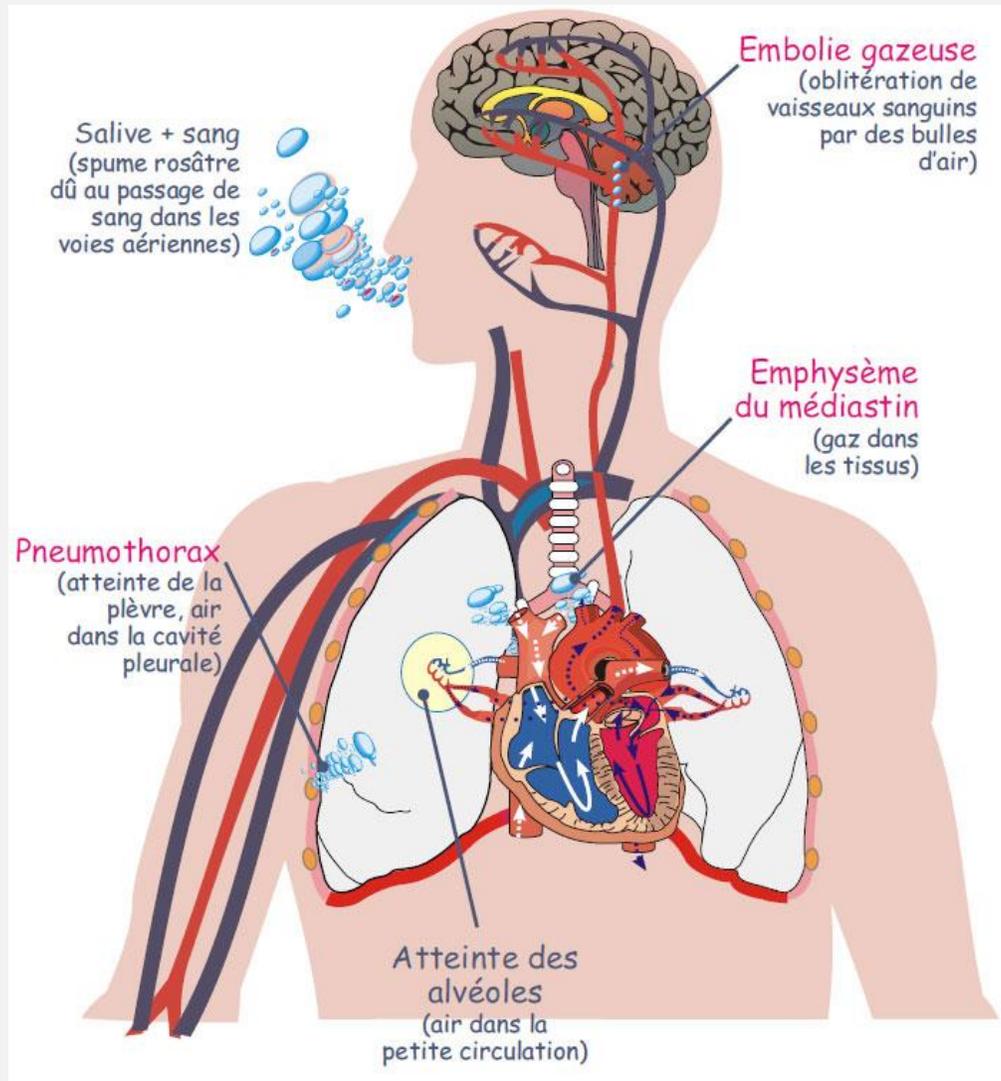


- Passage de l'air au niveau du hile vers le médiastin
 - Emphysème du médiastin
- Surpression au niveau du médiastin
 - Difficultés cardiaques (accélération ou ralentissement du rythme cardiaque)
 - Risque d'arrêt cardiaque



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

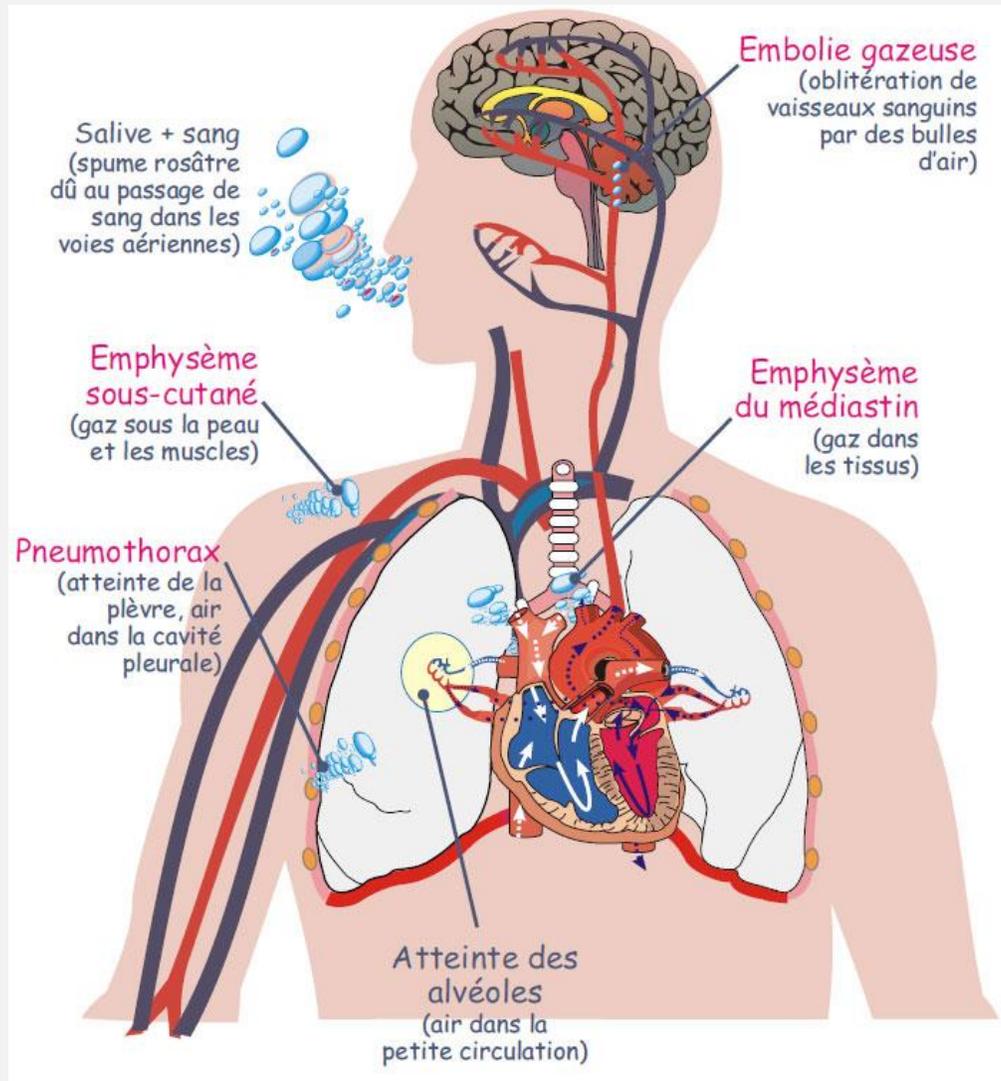


- Perforation de la plèvre
 - Douleur très vive (sensation de coup de poignard...)
- Pneumothorax
 - Affaissement du lobe pulmonaire
 - Diminution de l'efficacité ventilatoire, donc respiratoire



La surpression pulmonaire

Mécanisme et symptômes

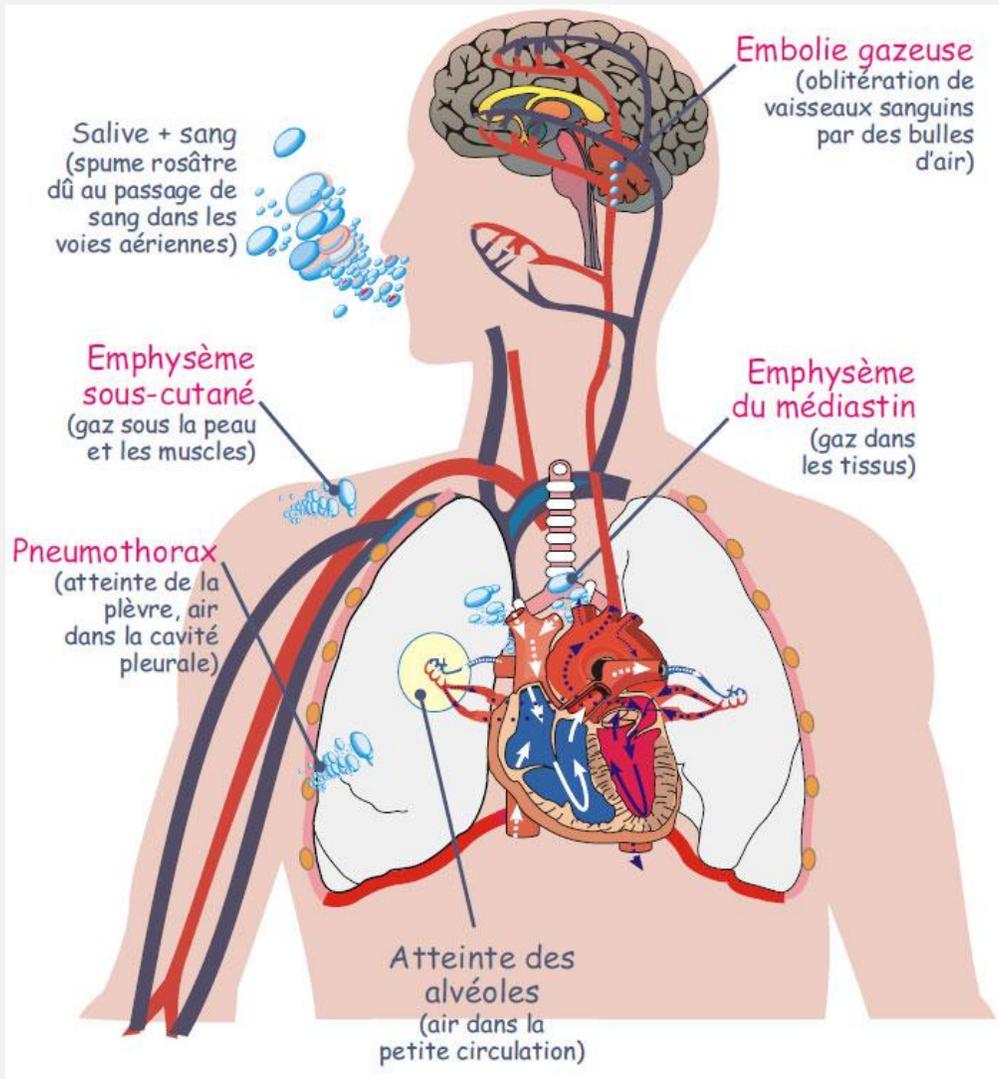


- Perforation de la plèvre
 - Douleur très vive (sensation de coup de poignard...)
- Pneumothorax
 - Affaissement du lobe pulmonaire
 - Diminution de l'efficacité ventilatoire, donc respiratoire
- Cou de taureau
 - Bulles sous la peau



La surpression pulmonaire

Synthèse



- Spumes et crachats rosâtres
 - Cou de taureau
 - Douleurs thoraciques
 - Difficultés respiratoires
 - Problèmes cardiaques
 - Atteintes cérébrales : troubles sensoriels, nausées, vertiges, perte de connaissance
 - Paralysies
 - Monoplégie
 - Hémiplégie
- Risque très fort d'accident de décompression



La surpression pulmonaire

Conduite à tenir

- Il s'agit d'une vraie urgence :
intervenir le plus vite possible !
- Alerter ou faire alerter les secours et évacuer vers un centre hospitalier hyperbare
- Assister la victime
 - Mettre la victime dans la position la plus confortable pour elle
 - Lui donner de l'oxygène à 15 l/min
 - Lui proposer de l'aspirine (500 mg max pour un adulte)
 - La faire boire (eau, jus de fruits)
- Ne jamais interrompre un traitement !!!
 - Même lorsque les symptômes disparaissent
- Remarque : cette conduite à tenir est la même que pour un accident de décompression



La surpression pulmonaire

Facteur favorisant

- Remontée trop rapide
 - Erreur de manipulation du gilet
 - Courant ascendant
- Remontée panique
 - Emotion forte, peur
 - Essoufflement
- Remontée en apnée
 - Spasme de la glotte, suite à pénétration d'eau dans les voies aériennes
 - Apnéiste
- Expiration insuffisante
 - Mauvaise technique de plongée
 - Détendeur dur
 - Essoufflement



La surpression pulmonaire

Prévention

- Ne jamais faire d'apnée pendant la plongée
 - A la remontée, insister sur l'expiration
- Et aussi
 - Travailler la technique de façon à acquérir l'automatisme d'expiration à la remontée
 - En cas d'assistance, surveiller la respiration de l'assisté
 - Si apnée, interrompre la remontée
 - Si échange d'embout, expirer lorsque l'on n'a pas l'embout en bouche
 - En cas de remontée accidentelle (courant ascendant, gilet bloqué), toujours penser à expirer !



L'add (Accident de décompression)

Les précautions à prendre pour éviter cet accident : un des plus graves de la plongée loisir

L'accident de décompression

Causes et mécanisme

En début de plongée

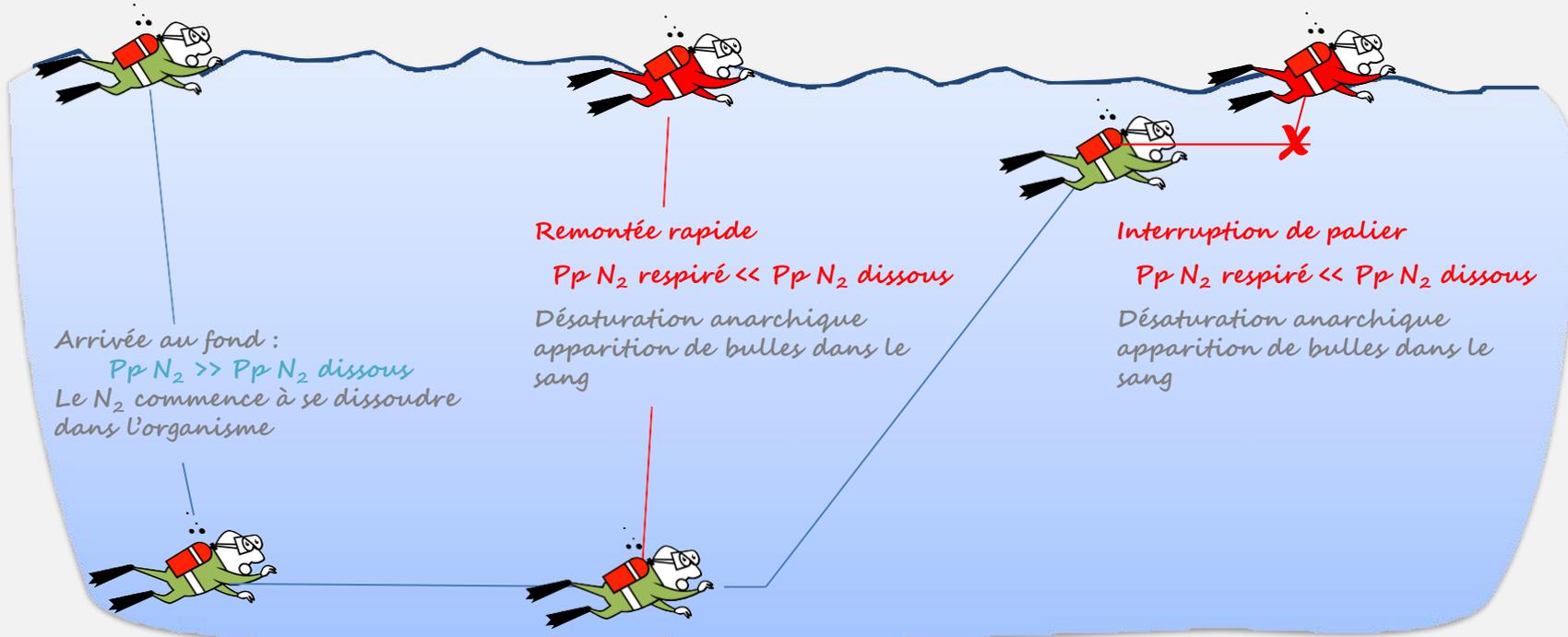
$$Pp N_2 \text{ respiré} = Pp N_2 \text{ dissous}$$

Le plongeur est en équilibre avec l'environnement : pas de dissolution, ni d'élimination

Après la plongée

$$Pp N_2 \text{ respiré} < Pp N_2 \text{ dissous}$$

Pour que la décompression soit complète, il faut plusieurs heures pendant lesquelles des précautions doivent être observées



Arrivée au fond :

$$Pp N_2 \text{ respiré} \gg Pp N_2 \text{ dissous}$$

Le N_2 commence à se dissoudre dans l'organisme

Remontée rapide

$$Pp N_2 \text{ respiré} \ll Pp N_2 \text{ dissous}$$

Désaturation anarchique
apparition de bulles dans le sang

Interruption de palier

$$Pp N_2 \text{ respiré} \ll Pp N_2 \text{ dissous}$$

Désaturation anarchique
apparition de bulles dans le sang

Pendant la plongée

$$Pp N_2 \text{ respiré} > Pp N_2 \text{ dissous}$$

Le N_2 continue à se dissoudre dans l'organisme.



L'accident de décompression

Causes et mécanisme

- Pendant la plongée, de l'azote se dissout dans le corps
- Pendant la phase de décompression, cet azote doit être éliminé
 - L'élimination normale se fait au travers de la respiration
 - Si la remontée est suffisamment lente et que l'on respecte les temps de palier
- Sinon
 - Les microbulles d'azote vont se former en trop grand nombre dans les tissus (principalement dans le sang)
 - En remontant, ces bulles peuvent grossir. Elles peuvent aussi s'agglomérer. Elles finissent alors par obstruer les vaisseaux sanguins.
 - Les tissus en aval de ces vaisseaux ne sont plus irrigués et peuvent rapidement nécroser par manque d'oxygène
- Les lésions qui s'installent peuvent être irréversibles !



L'accident de décompression

Symptômes

- Les symptômes dépendent de la localisation des lésions
- Accidents de type I
 - cutanés : moutons et puces (démangeaisons, marbrures...)
 - état général : fatigue intense, angoisse, nausées
 - Ces symptômes, jugés moins graves, sont annonciateurs d'un accident plus grave
→ Ils appellent un traitement immédiat !
- Accidents de type II
 - Ostéo articulaires (bends) : douleurs articulaires devenant rapidement insupportables
 - Moelle épinière (médullaire) : paralysies (paraplégie, tétraplégie)
 - Oreille interne : vertiges, troubles de l'audition
 - Cérébral : paralysies (monoplégie, hémiplégie), troubles sensoriels, vertiges



L'accident de décompression

Symptômes

- Les symptômes interviennent progressivement
 - Dès les paliers jusqu'à 12 h après la plongée
- Statistiques générales

Délai d'apparition	Pourcentage des accidents
0 – 10 min	50 – 55 %
10 – 60 min	20 – 30 %
60 min – 12h.	20 – 25 %



L'accident de décompression

Conduite à tenir

- Il s'agit d'une vraie urgence : **intervenir le plus vite possible !**
- Alerter ou faire alerter les secours et évacuer vers un centre hospitalier hyperbare
- Assister la victime
 - Mettre la victime dans la position la plus confortable pour elle
 - Lui donner de l'oxygène à 15 l/min
 - Lui proposer de l'aspirine (500 mg max pour un adulte)
 - La faire boire (eau, jus de fruits)
- Ne jamais interrompre un traitement !!!
 - Même lorsque les symptômes disparaissent



L'accident de décompression

Facteurs favorisants

- Facteurs physiologiques et psychologiques
 - Mauvaise condition physique
 - Fatigue
 - Tension nerveuse, stress
 - Malformation cardiaque : foramen ovale perméable (permanent ou sous effort)
- Conditions de plongée
 - Effort, essoufflement
- Facteurs environnementaux
 - Froid
- Autres facteurs : alcool, médicaments, tabac, surpoids et obésité



L'accident de décompression

Prévention – Avant la plongée

- Pas d'excès (alcool, voyage, etc.)
- Reprise progressive de la plongée
 - Pas de 40m dès la première plongée !
- Limiter le nombre de plongées
 - Ne pas hésiter à faire un break au moins une fois par semaine en cas de séjour long
- Eviter les profils dangereux
 - Plongées yoyo
 - Profil inversé



L'accident de décompression

Prévention – Pendant la plongée

- Respecter scrupuleusement le protocole de remontée (tables ou ordinateur)
 - Remontée lente
 - Paliers effectués dans de bonnes conditions
- Pas d'effort
- Eviter les facteurs favorisants
En cas de facteur favorisant présent
 - Préférer les plongées sans palier
 - Limiter le temps de plongée
- A la remontée
 - **PAS DE VASALVA !**



L'accident de décompression

Prévention – Après la plongée

- Pas d'apnée dans les 6h
- Pas d'efforts ni d'activité intense dans les 6h
- Pas d'avion dans les 24h



An underwater photograph showing a diver's hand in a black wetsuit glove holding a metal rod. The water is clear and blue, with sunlight filtering through from above. The diver's hand is positioned in the lower-left quadrant of the frame, gripping the rod which extends diagonally towards the upper-right. The background shows the surface of the water and a bright blue sky with some clouds.

MERCI