

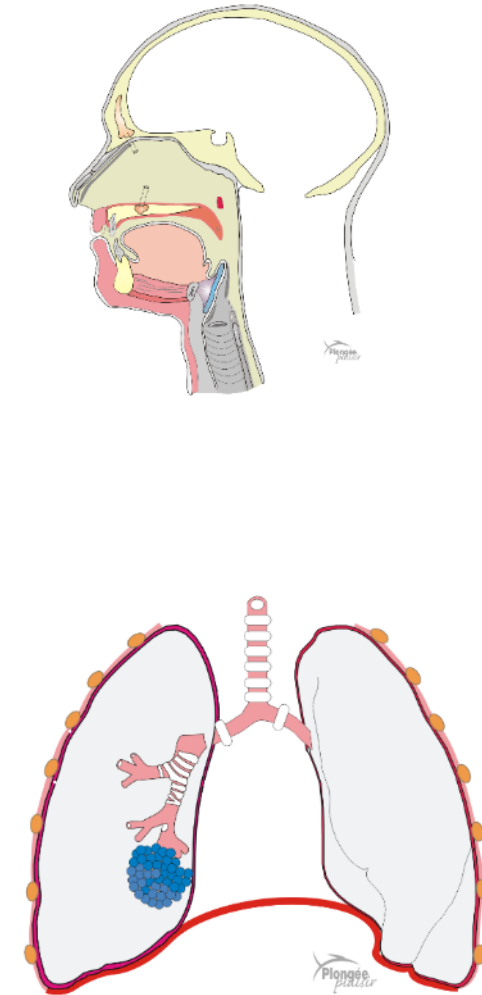
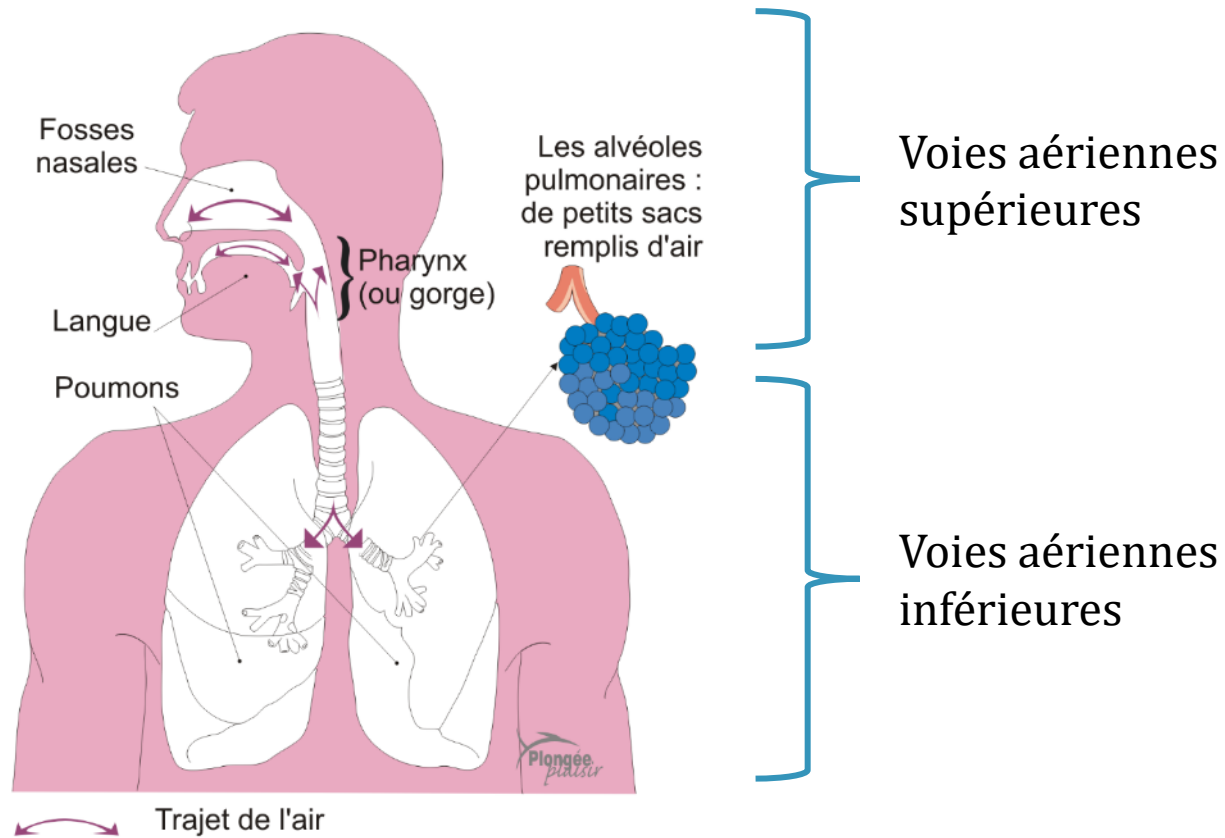


ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COURS NIV



APPAREIL VENTILATOIRE

- Anatomie de l'appareil ventilatoire
 - Permet l'alimentation en O_2 du corps et le rejet du CO_2



APPAREIL VENTILATOIRE

- **Les voies aériennes supérieures**

- Conduisent l'air de l'extérieur jusqu'à la trachée et inversement

Les sinus

- Cavités remplies d'air, communique avec les fosses nasales
- Permettent le réchauffement et l'humidification de l'air

La bouche

- Utilisée en assistance des fosses nasales
- Pas de réchauffement, d'humidification ni de filtration de l'air par la bouche
 - ⇒ Refroidissement et déshydratation pendant la plongée
 - ⇒ L'air doit être filtrée par le compresseur

La trachée

- Tuyau annelé
- Muqueuse tapissée de cils
- Si irritation : réflexe de toux repoussant les poussières vers le haut

Les fosses nasales

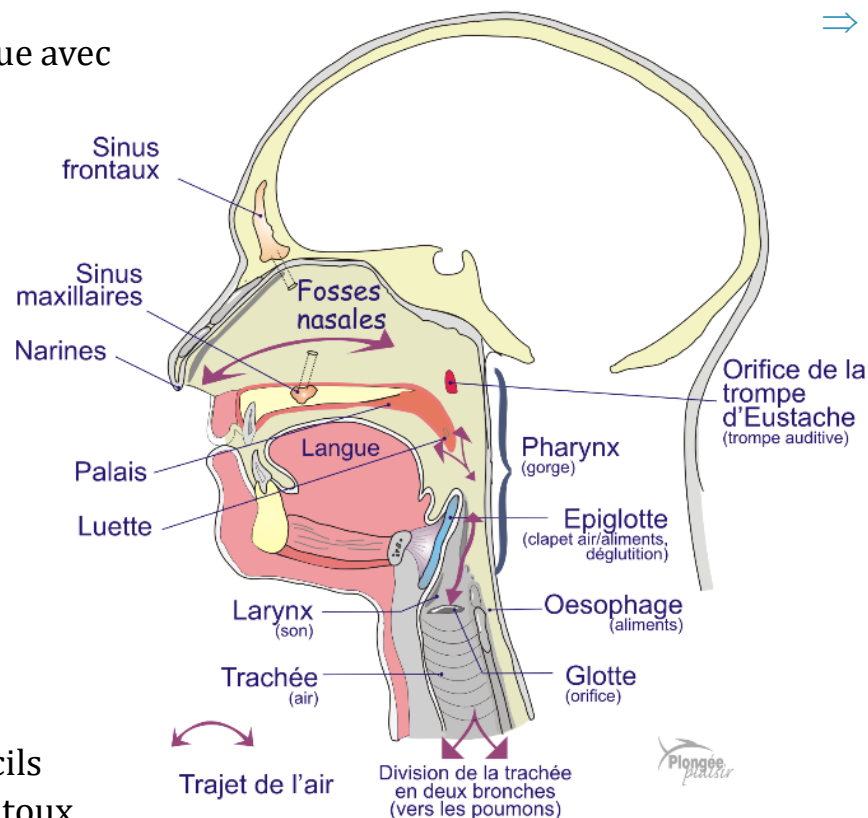
- Cavités tapissées d'une muqueuse collante vascularisée et tapissée de poils
- Humidifient, réchauffent et filtrent l'air
 - ⇒ Pas utilisées en plongée (respiration par la bouche)

Le pharynx

- Carrefour aéro-digetif
- Présence de l'orifice des trompes d'Eustache

Le larynx, constitué de

- **L'épiglotte** : clapet fermant le larynx lors de la déglutition pour empêcher le passage d'aliment dans la trachée
- **La glotte** : orifice formé de 2 cordes vocales qui permet l'accès à la trachée, se ferme volontairement ou involontairement



APPAREIL VENTILATOIRE

- **Les voies aériennes inférieures**
 - Conduisent l'air jusqu'aux alvéoles et inversement

Les bronches souches

- Pénètrent dans les poumons par le **Hile**

La plèvre

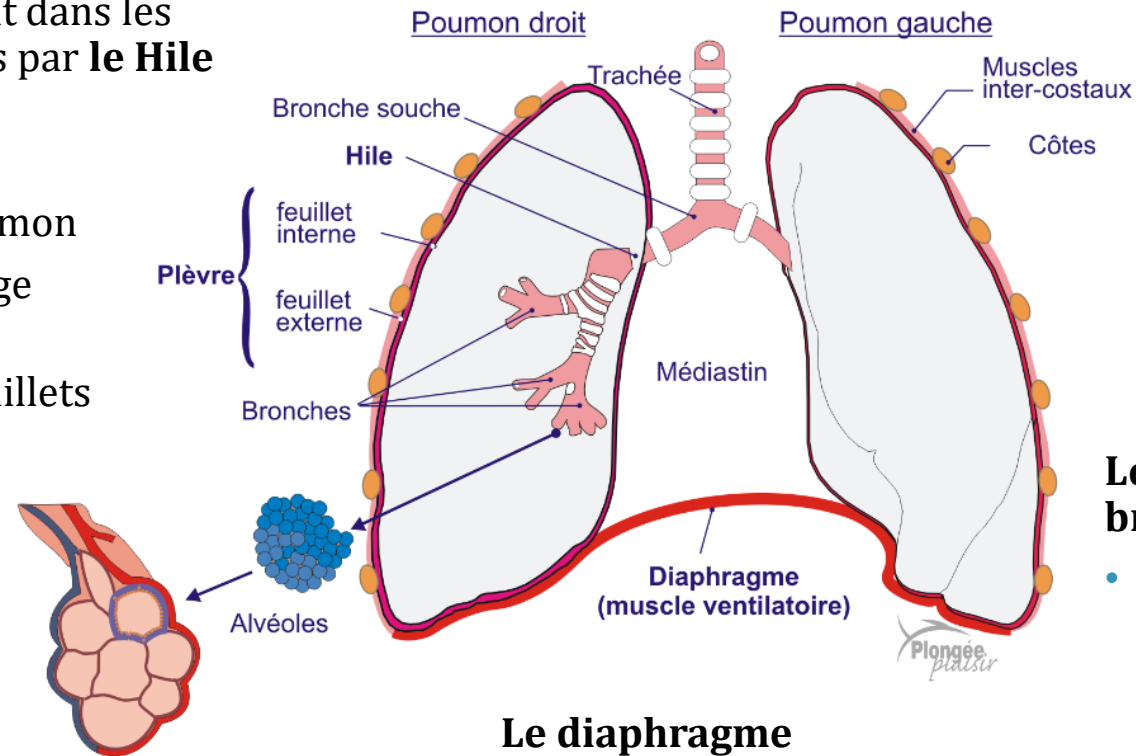
- Feuillet viscéral (interne) lié au poumon
- Feuillet pariétal (externe) lié à la cage thoracique
- Présence d'un liquide entre les 2 feuillets permettant glissement lors de la respiration

Les alvéoles

- Siègent des échanges gazeux

Les poumons

- 2 sacs remplis d'alvéoles (≈700 millions)



Médiastin

- Espace entre les 2 poumons

Les bronches se ramifient en bronchioles

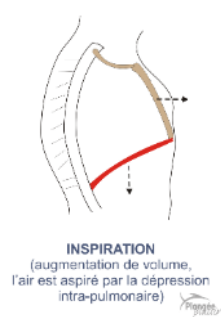
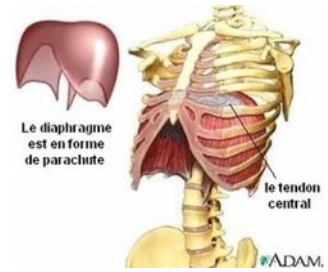
- Apportent l'air aux alvéoles pulmonaires (environ 1 million de bronchioles)

Le diaphragme

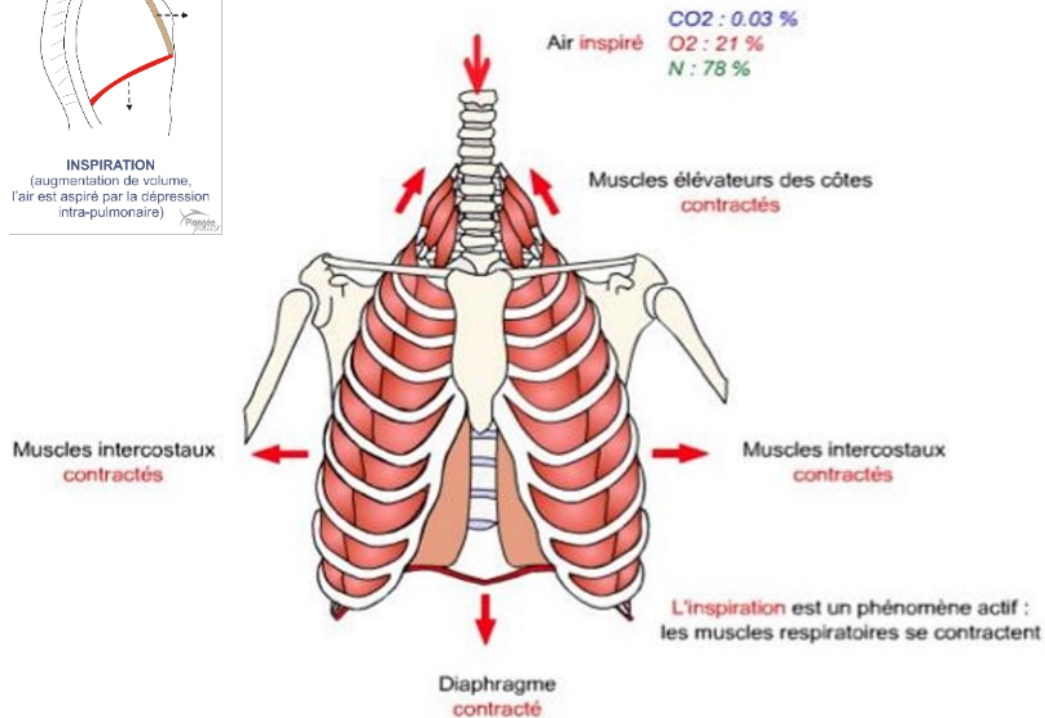
- Permet la respiration

APPAREIL VENTILATOIRE

- Mécanisme respiratoire

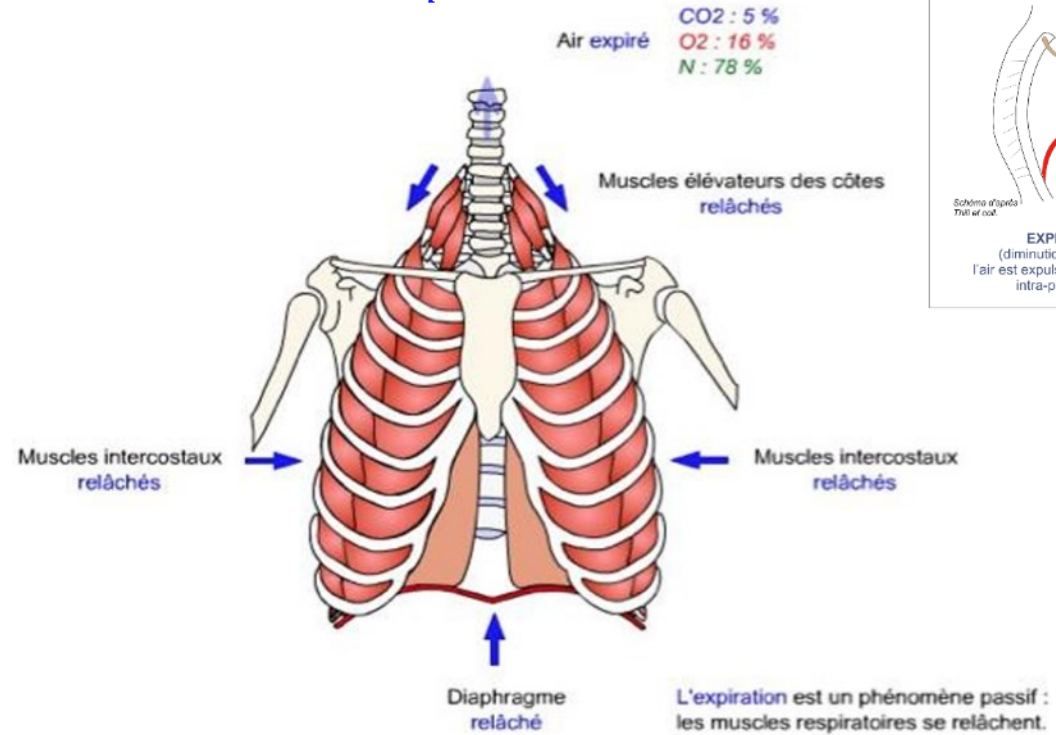


Inspiration

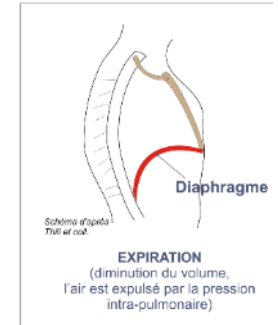


Augmentation du volume des poumons, l'air est aspiré à l'intérieur des poumons par dépression

Expiration



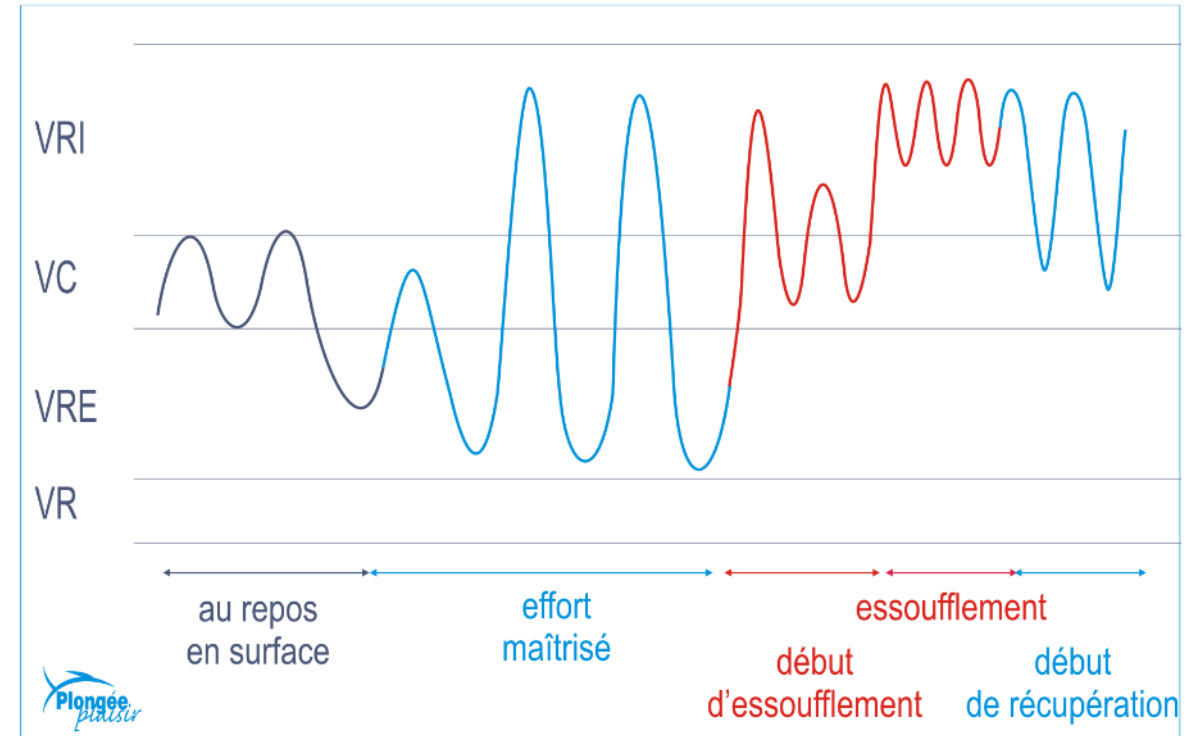
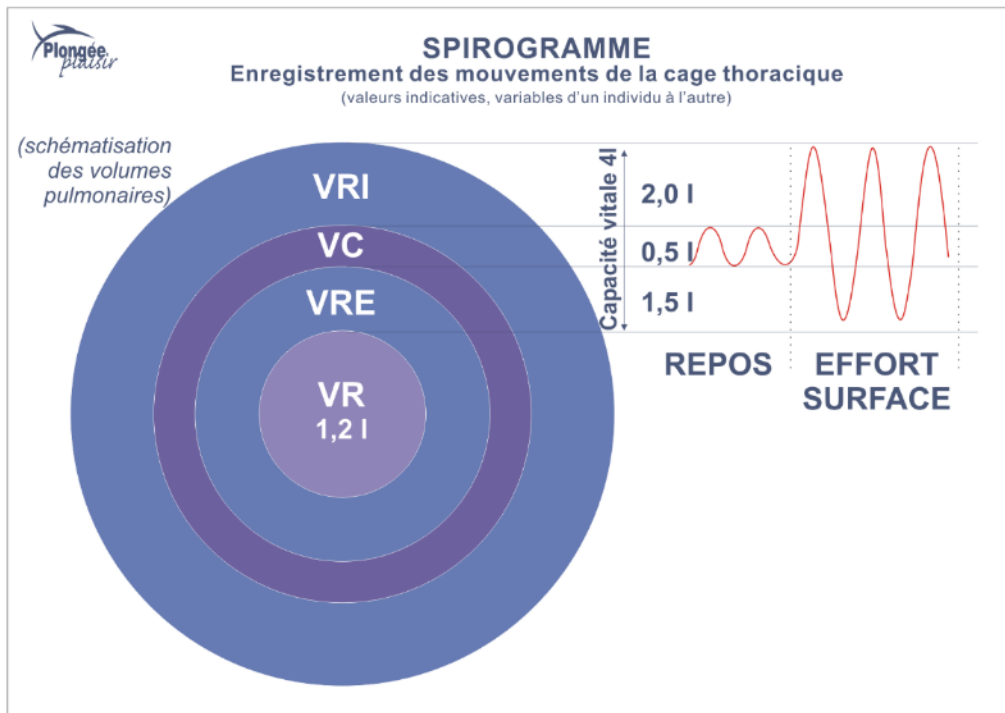
Diminution du volume des poumons, l'air est expulsé à l'extérieur des poumons par la pression



APPAREIL VENTILATOIRE

- **Volume pulmonaire**

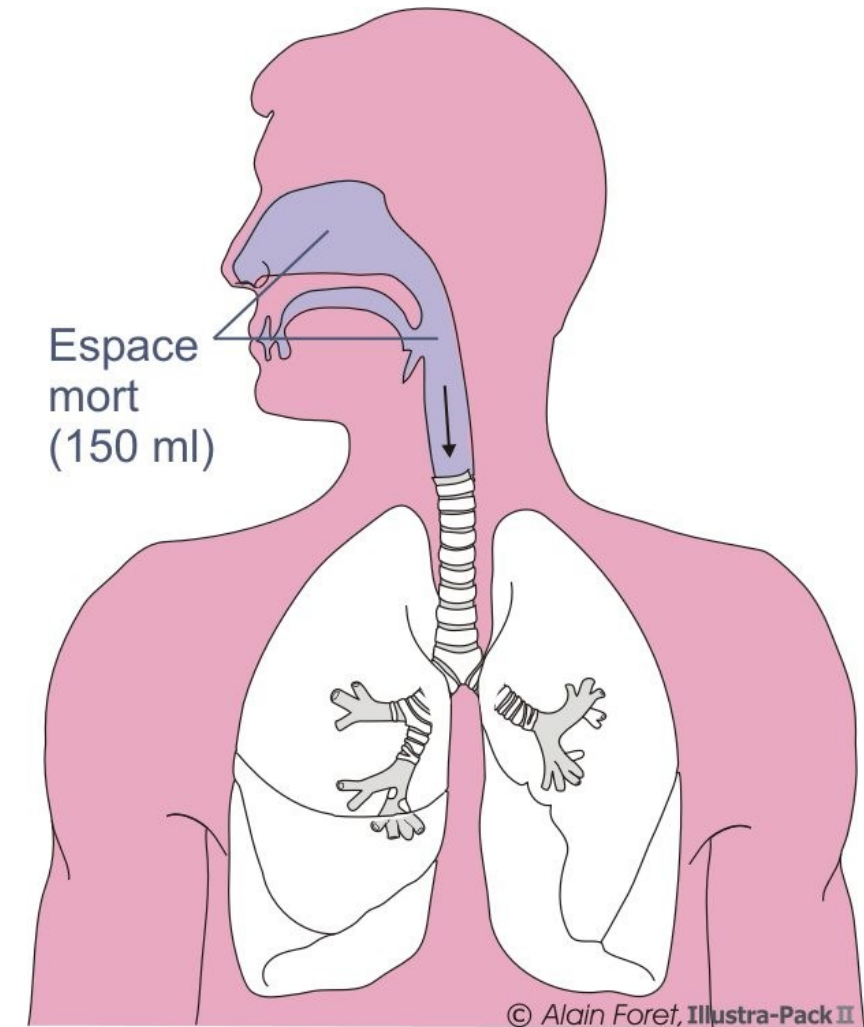
- VRI : volume de Réserve Inspiratoire
- VC : volume courant
- VRE : volume de réserve expiratoire
- VR : volume résiduel



⇒ En plongée, les VRI et VRE sont très sollicités (poumon-ballast)

APPAREIL VENTILATOIRE

- **Notion d'espace mort**
 - Volume d'air qui n'est pas renouvelé lors de la respiration
 - Limite le renouvellement de l'air arrivant aux poumons
 - Le tuba augmente cet espace mort
- ⇒ Besoin d'insister sur l'expiration lors d'une plongée ou en PMT



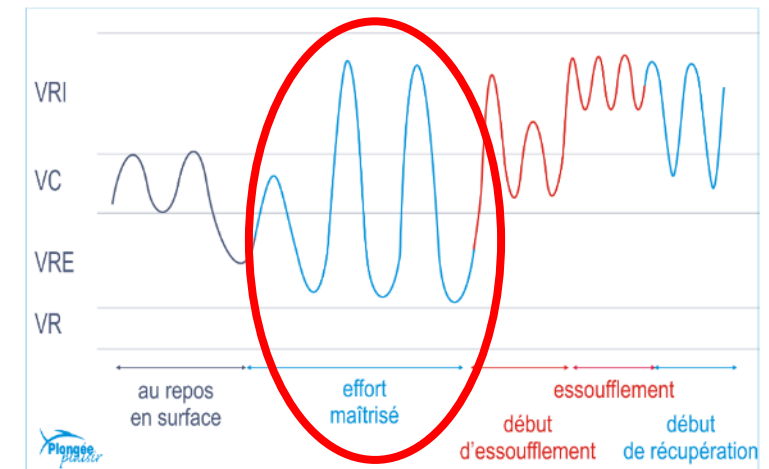
APPAREIL VENTILATOIRE

- **Modifications liées à la plongée**

- Lors de l'expiration, il est nécessaire de contracter les muscles de la ventilation (muscles intercostaux, diaphragme, abdominaux)
 - Résistance ventilatoire liée au détendeur
 - Augmentation de la viscosité de l'air
 - ⇒ l'expiration devient active

Lors d'une plongée, il est nécessaire d'insister sur l'expiration pour garantir une bonne ventilation

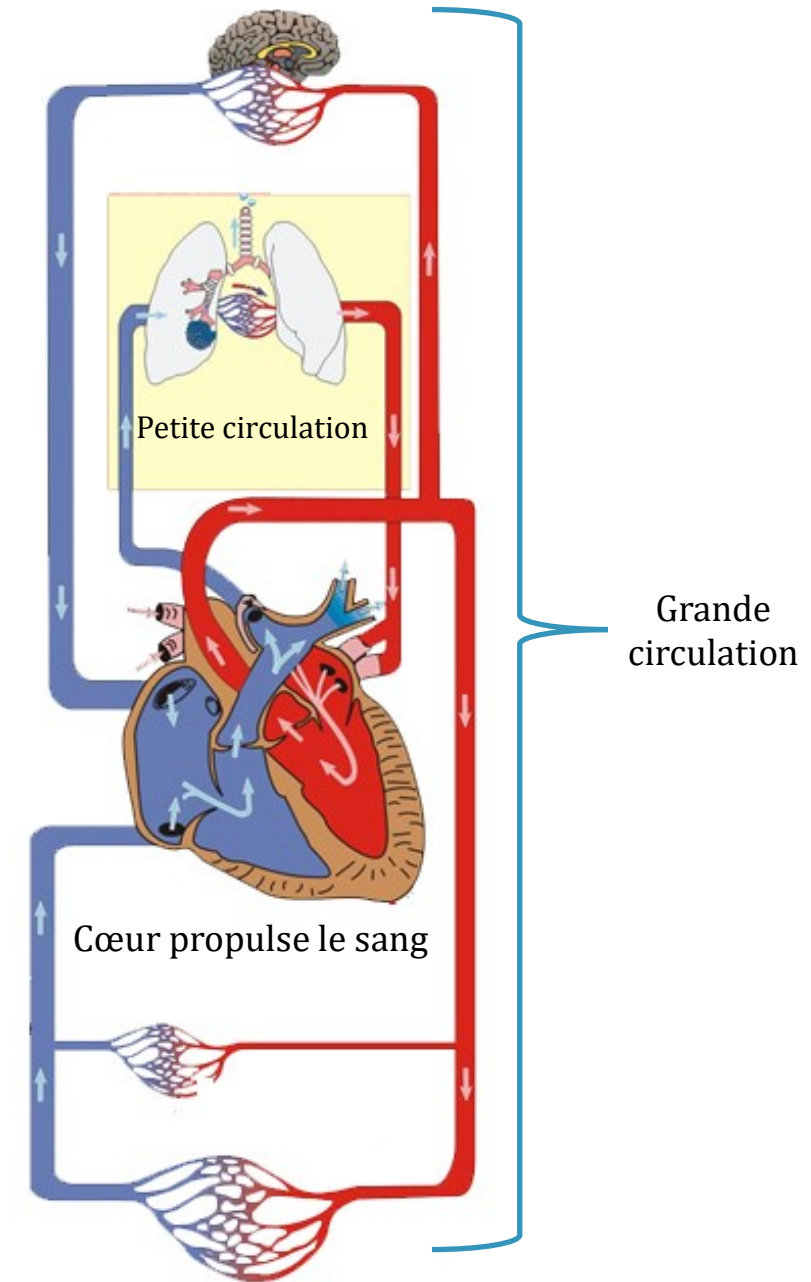
- Lors de l'inspiration, l'effort musculaire est aussi plus important
 - Port d'une combinaison qui comprime la poitrine
 - Augmentation de la viscosité de l'air



APPAREIL CIRCULATOIRE

- **Anatomie de l'appareil circulatoire**

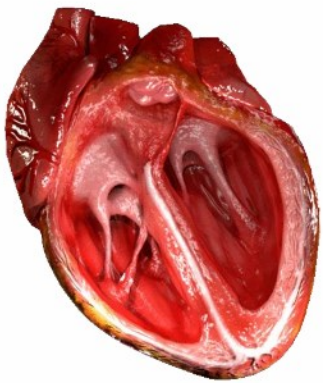
- Fournit l'oxygène et les nutriments aux cellules et élimine le gaz carbonique et les déchets
- Un transporteur : le sang
- Une pompe : le cœur
- Des voies de circulations : vaisseaux sanguins
- 2 circuits
 - Petite circulation (circulation pulmonaire) : entre le cœur et les poumons
 - Grande circulation : entre le cœur et les organes supérieurs (cerveau, bras) et inférieurs (jambes et organes)



APPAREIL CIRCULATOIRE

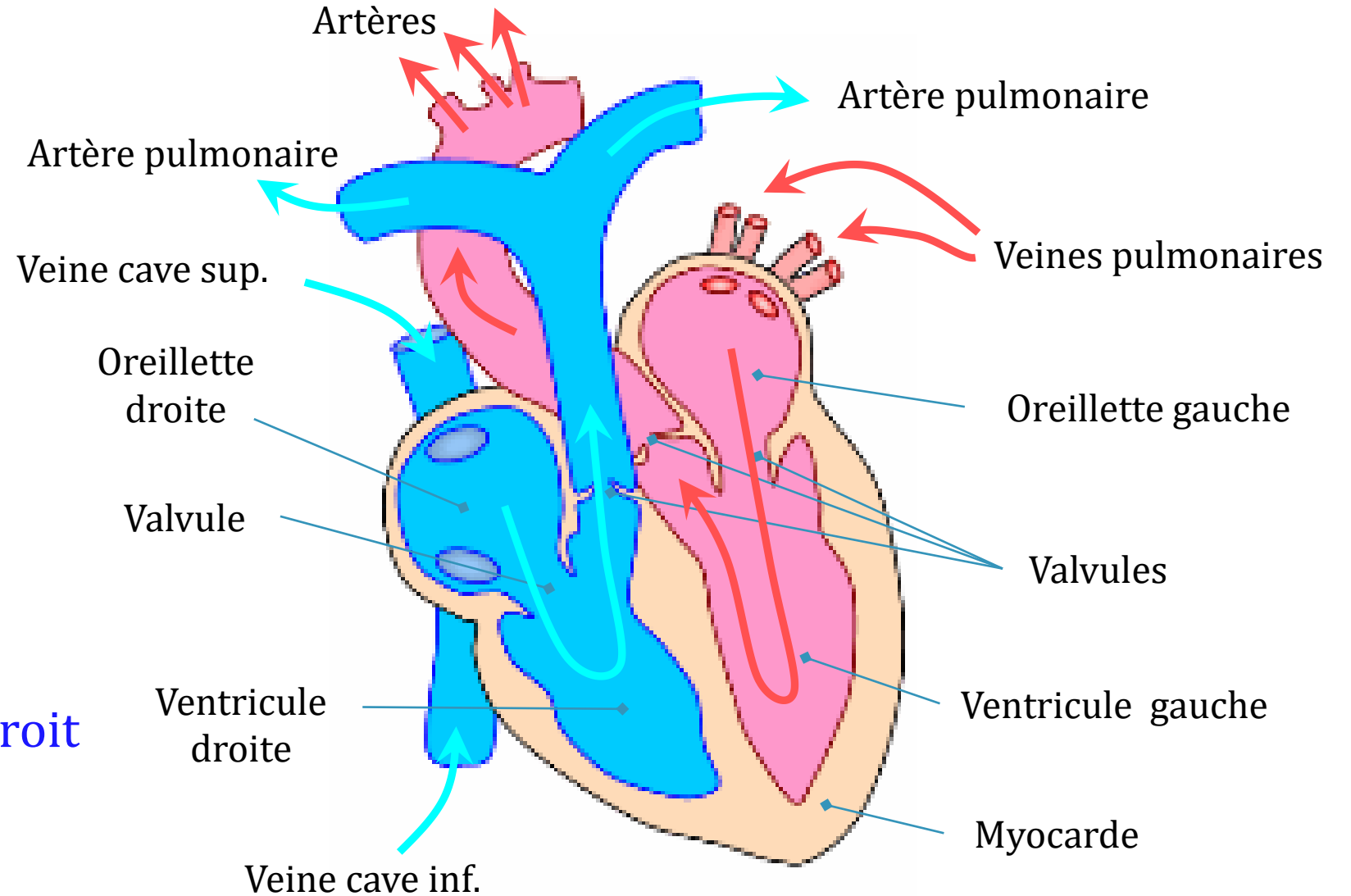
- **Le cœur**

- Permet la circulation du sang
- Contraction musculaire (60 à 75/min au repos)



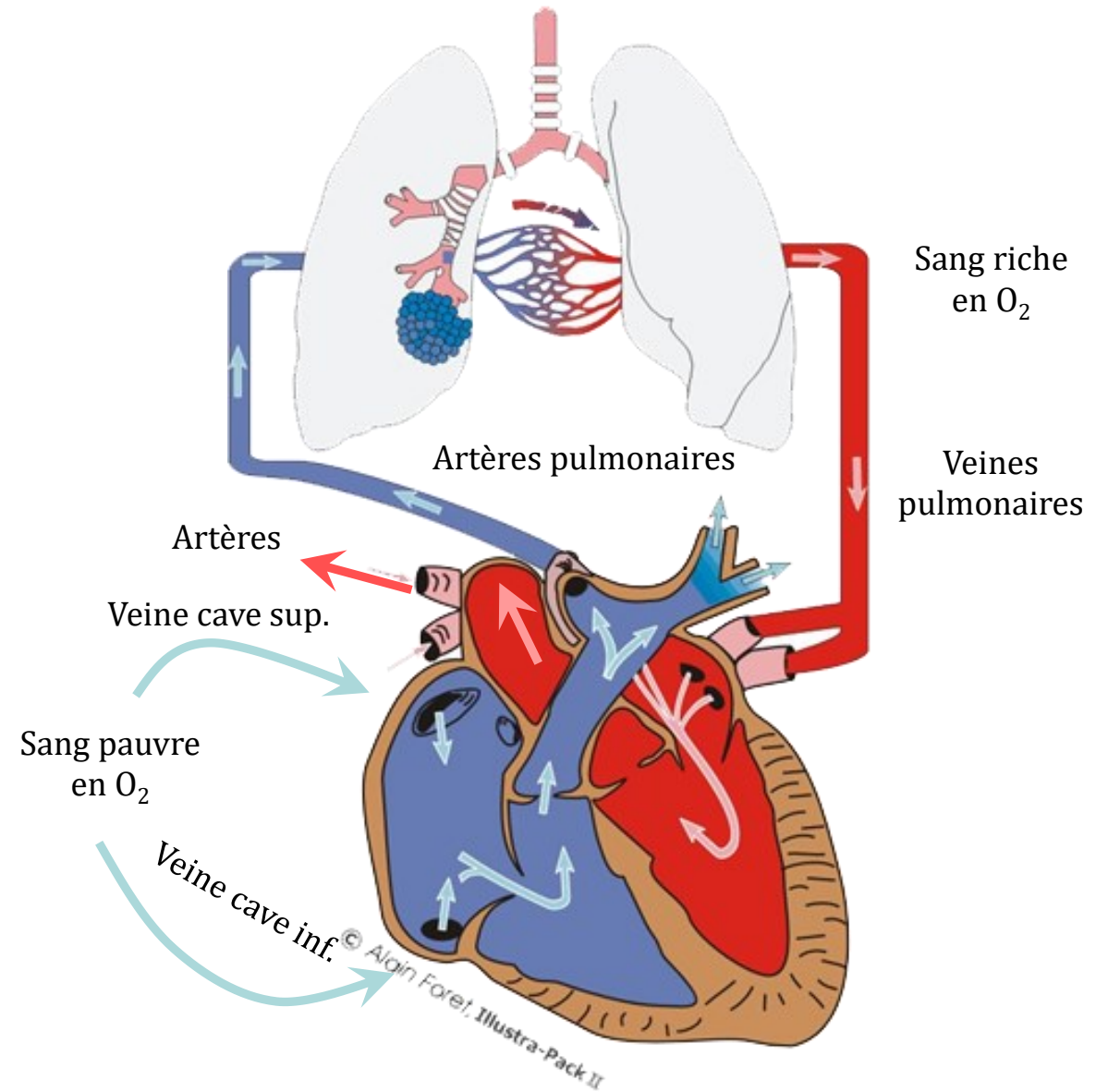
Cœur droit

Cœur gauche



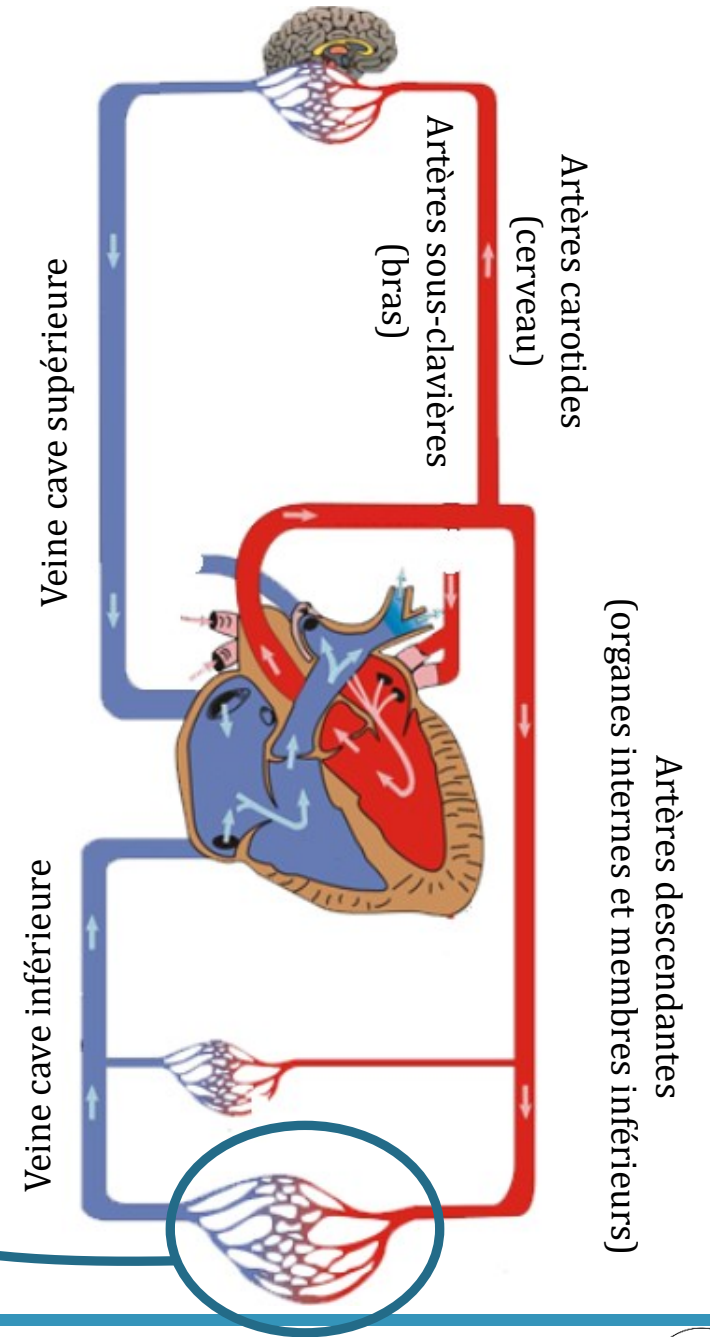
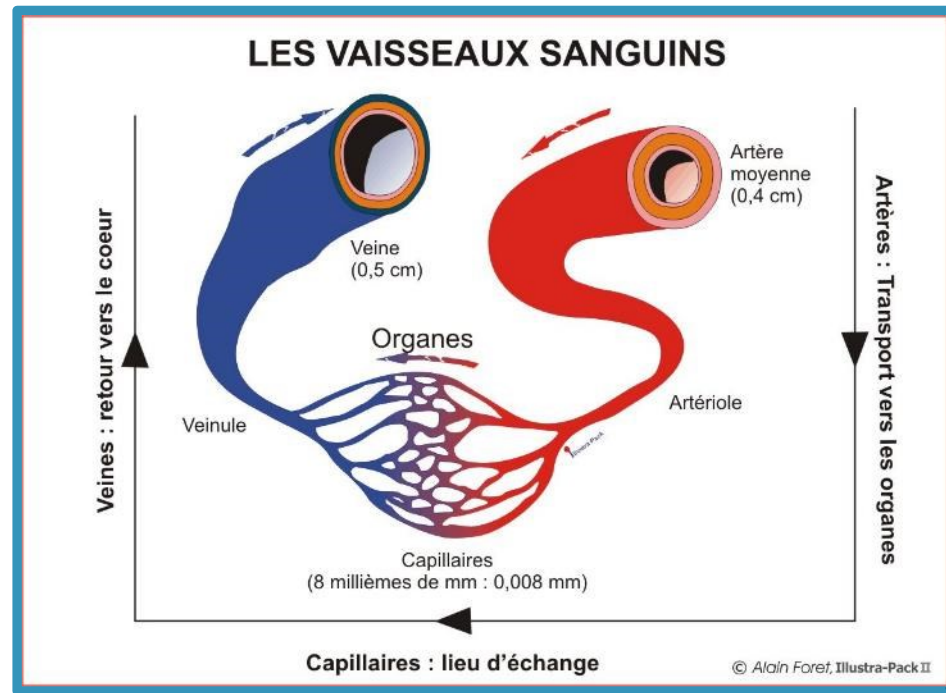
APPAREIL CIRCULATOIRE

- **La circulation pulmonaire (la petite circulation)**
 - Circulation du sang entre les poumons et le cœur
 - Permet l'oxygénation du sang
 - Lors de la plongée l'azote intervient dans les échanges gazeux
 - A la descente et pendant le séjour au fond
poumons => sang
 - A la remontée
sang => poumons
- ⇒ La circulation pulmonaire permet l'élimination de l'azote lors de la remontée et après la plongée



APPAREIL CIRCULATOIRE

- **La grande circulation**
 - Permet la distribution des éléments nutritifs et l'oxygénation des organes



APPAREIL CIRCULATOIRE

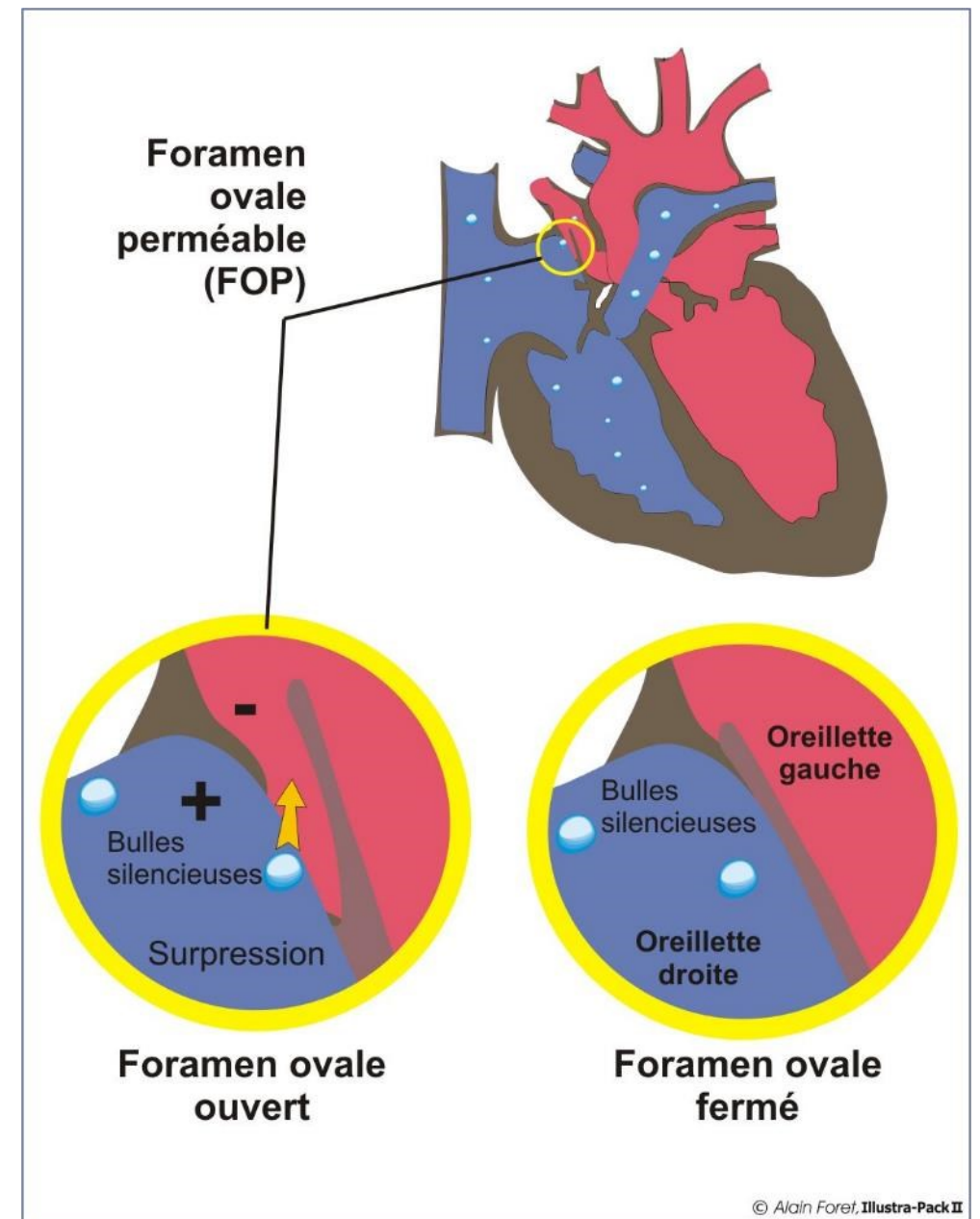
- **Foramen ovale perméable (FOP)**

- Communication (shunt) entre le cœur droit et le cœur gauche naturellement présent chez l'embryon
- Chez environ 25 à 30% des adultes le shunt est toujours présent sans conséquence dans la vie courante

En plongée : lors d'un effort ou d'un Valsalva augmentation de la pression qui peut provoquer l'ouverture du FOP

⇒ Passage possible d'une bulle du cœur droit au cœur gauche avant d'être éliminée par les poumons

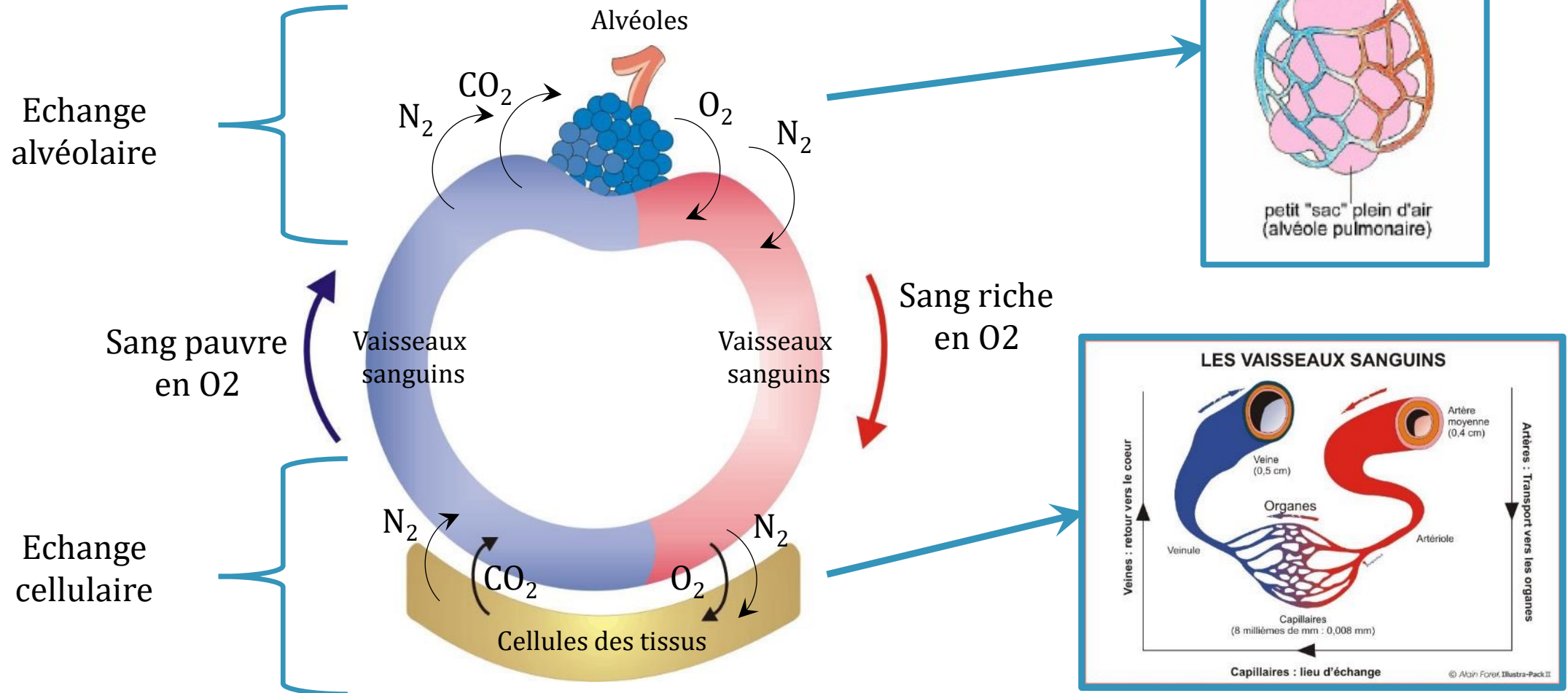
Un FOP est une contre indication à la plongée



LES ÉCHANGES GAZEUX

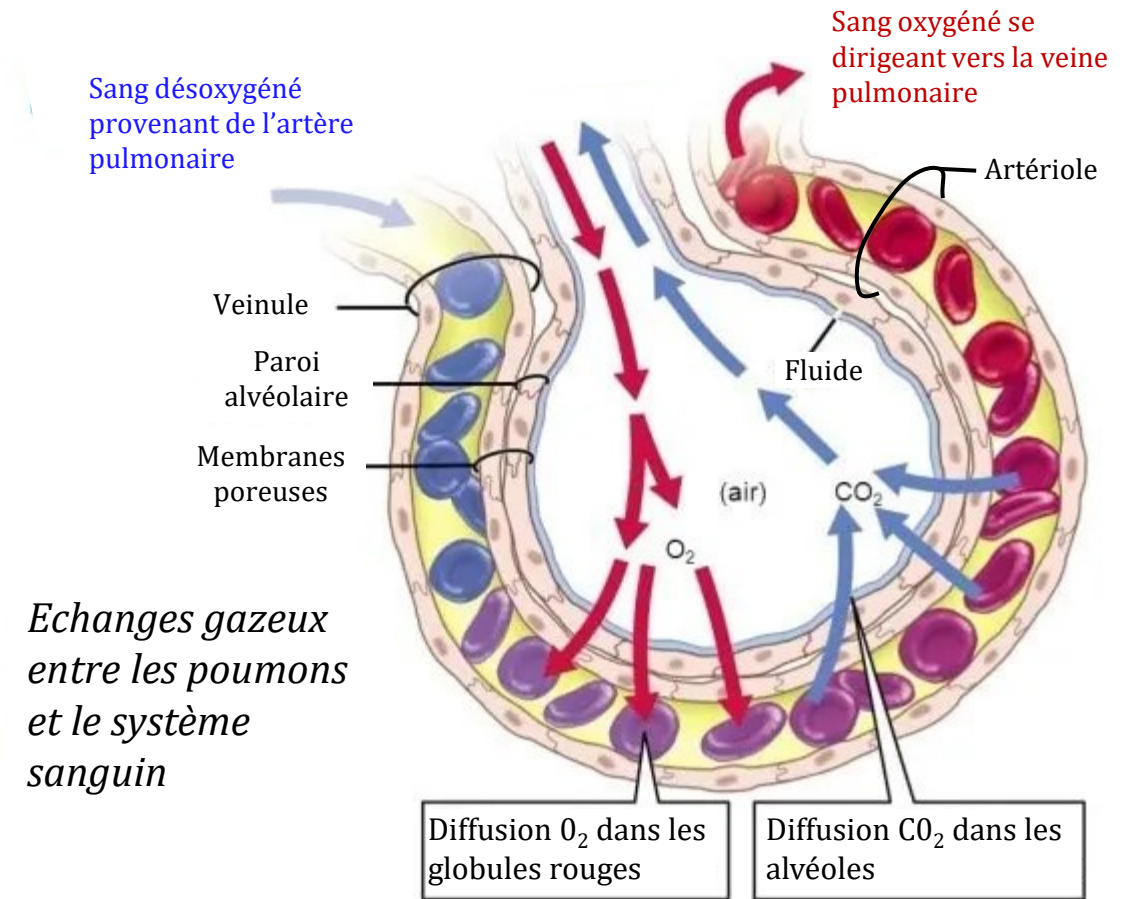
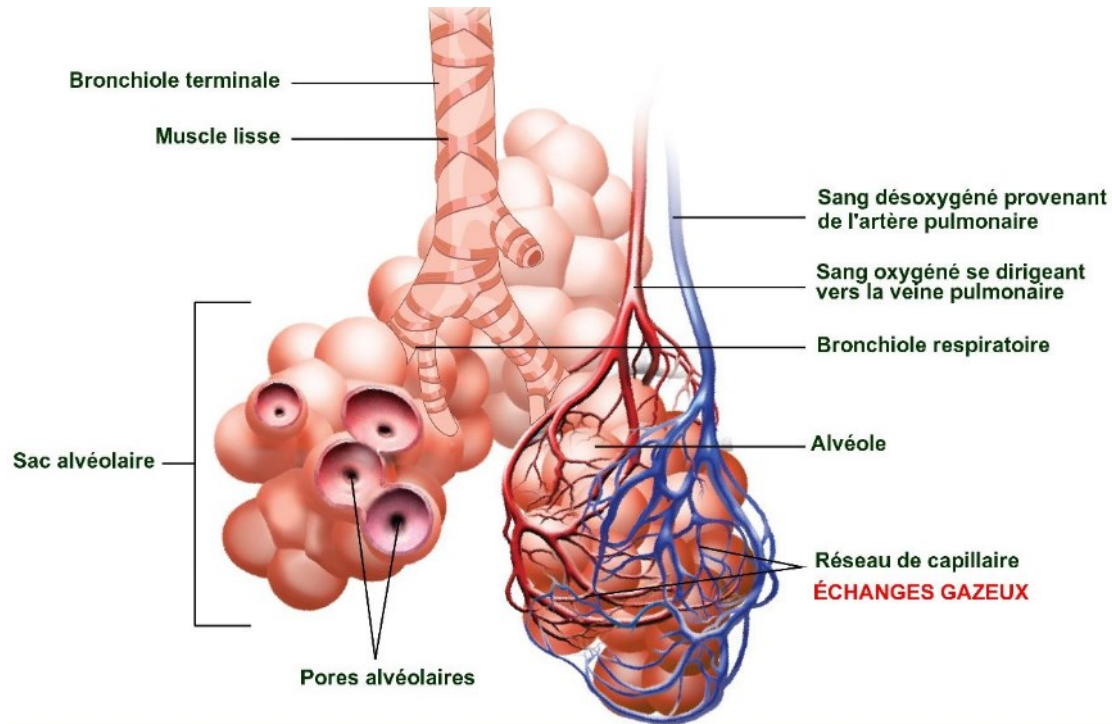
- **Les échanges gazeux**

- Se déroulent en 2 phases : au niveau des alvéoles et au niveau des tissus



LES ÉCHANGES GAZEUX

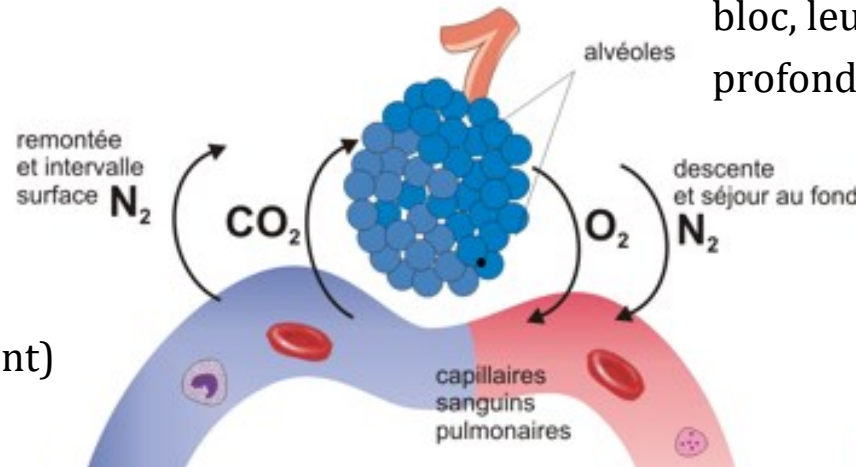
- **Echanges alvéo-pulmonaires**



LES ÉCHANGES GAZEUX

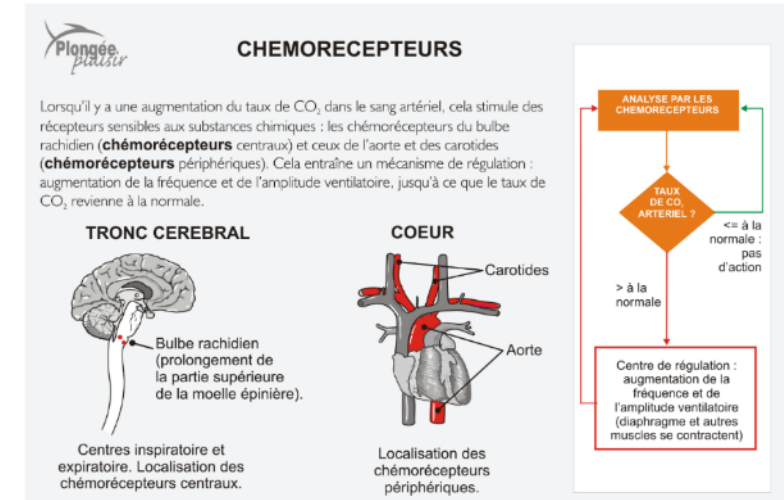
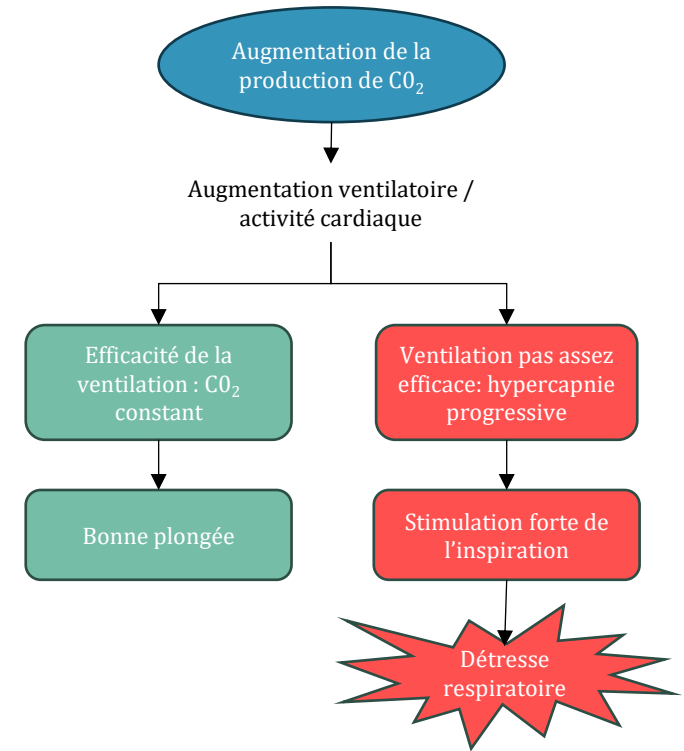
- Echanges alvéo-pulmonaires
 - $PpCO_2$ alvéolaire

Le CO_2 est produit par l'organisme, la $PpCO_2$ est indépendante de la profondeur (à effort constant)



O_2 et N_2 proviennent du bloc, leur Pp varie avec la profondeur

- ⇒ Une bonne ventilation en plongée permet de maintenir une $PpCO_2$ constante
- ⇒ Important de s'assurer d'une bonne ventilation lors de la plongée
- ⇒ Influence des efforts, de la profondeur, du froid....



LES ÉCHANGES GAZEUX

- **Modifications liées à la plongée**

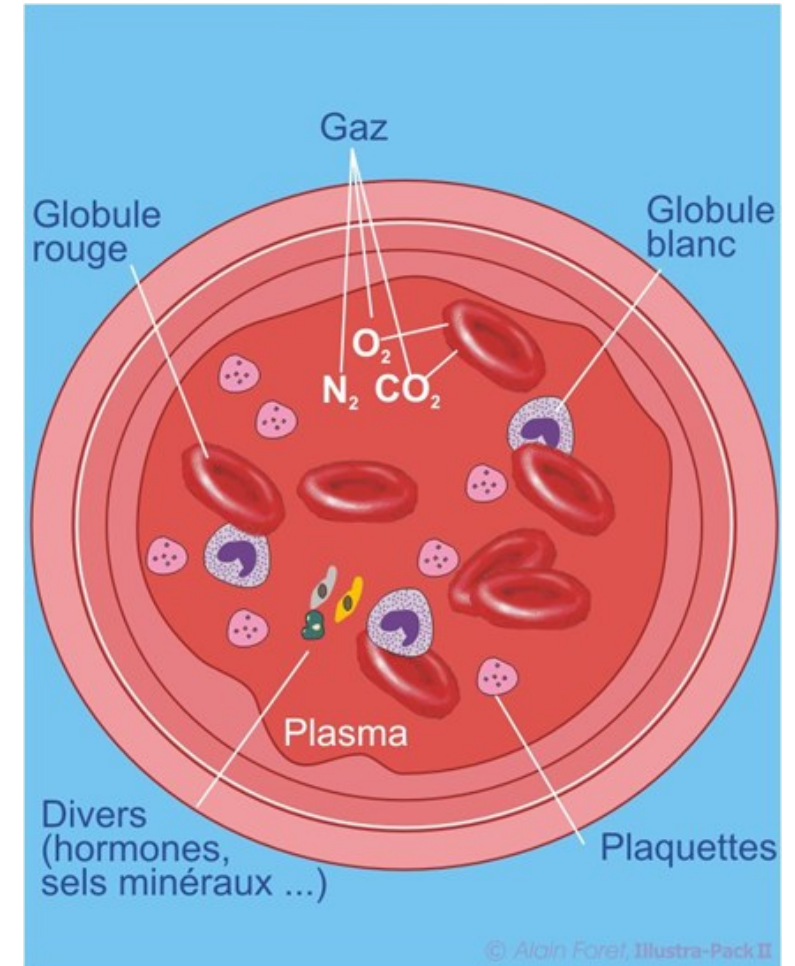
- Augmentation de la quantité de gaz et donc des échanges gazeux en fonction de la profondeur
- Augmentation de la quantité de N_2 dissout dans le sang et dans les tissus

⇒ Besoin de limiter la vitesse de remontée et de réaliser des paliers pour permettre l'évacuation de l'excès d'azote.

LE SANG

- **Composition et rôles**

- Transporte les éléments nutritifs, les gaz entre les différents organes
- Globules rouges : participent au transport de l'oxygène (O_2) et d'une partie du gaz carbonique (CO_2) entre les cellules et les poumons
- Globules blancs : défendent l'organisme contre les virus, bactéries...
- Plaquettes : participent à la réparation des vaisseaux transportant le sang
- Azote (N_2) : transporté à 100% sous forme dissoute
- Plasma : liquide permettant le transport des éléments ci-dessus



LE SANG

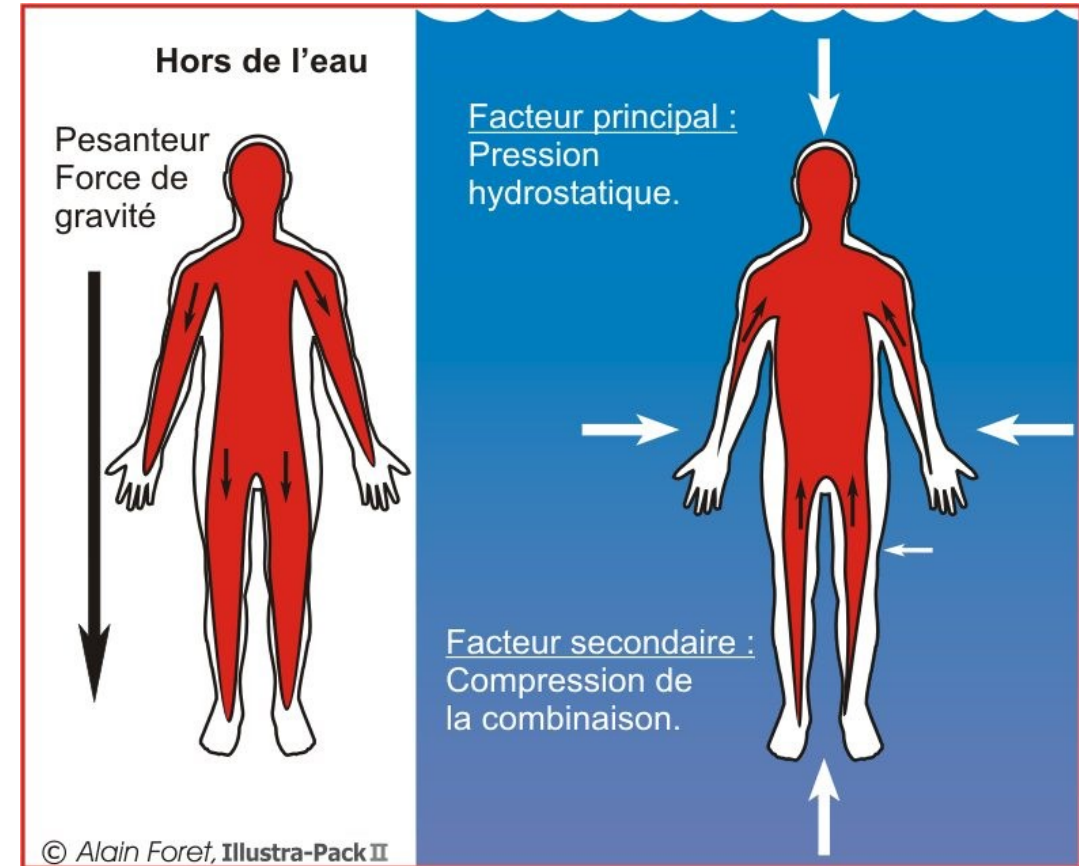
- **La diurèse d'immersion**

- En plongée la poussée d'Archimède s'oppose à la force de gravité créant un poids apparent nul.
- Redistribution des masses sanguines vers le centre du corps => le cœur éjecte plus de sang à chaque contraction
 - ⇒ phase 1 : réduction du rythme cardiaque
 - ⇒ phase 2 : diminution du volume sanguin par perte d'eau, on a envie d'uriner

De retour en surface retrouver un volume sanguin normal, il faut s'hydrater.

Un volume sanguin faible et un sang plus épais gêne l'élimination du N_2 .

Existence du même phénomène lié au froid (vasoconstriction).



LE SANG

- **Modifications liées à la plongée**

- Modification de la répartition du volume sanguin provoquant une envie d'uriner
- Epaississement du sang

⇒ Boire avant et après la plongée afin de limiter les effets de la déshydratation même sans sensation de soif

- Les surpressions pulmonaires peuvent provoquer un FOP : pas de Valsalva lors de la remontée

L'APPAREIL AUDITIF

- **L'oreille**

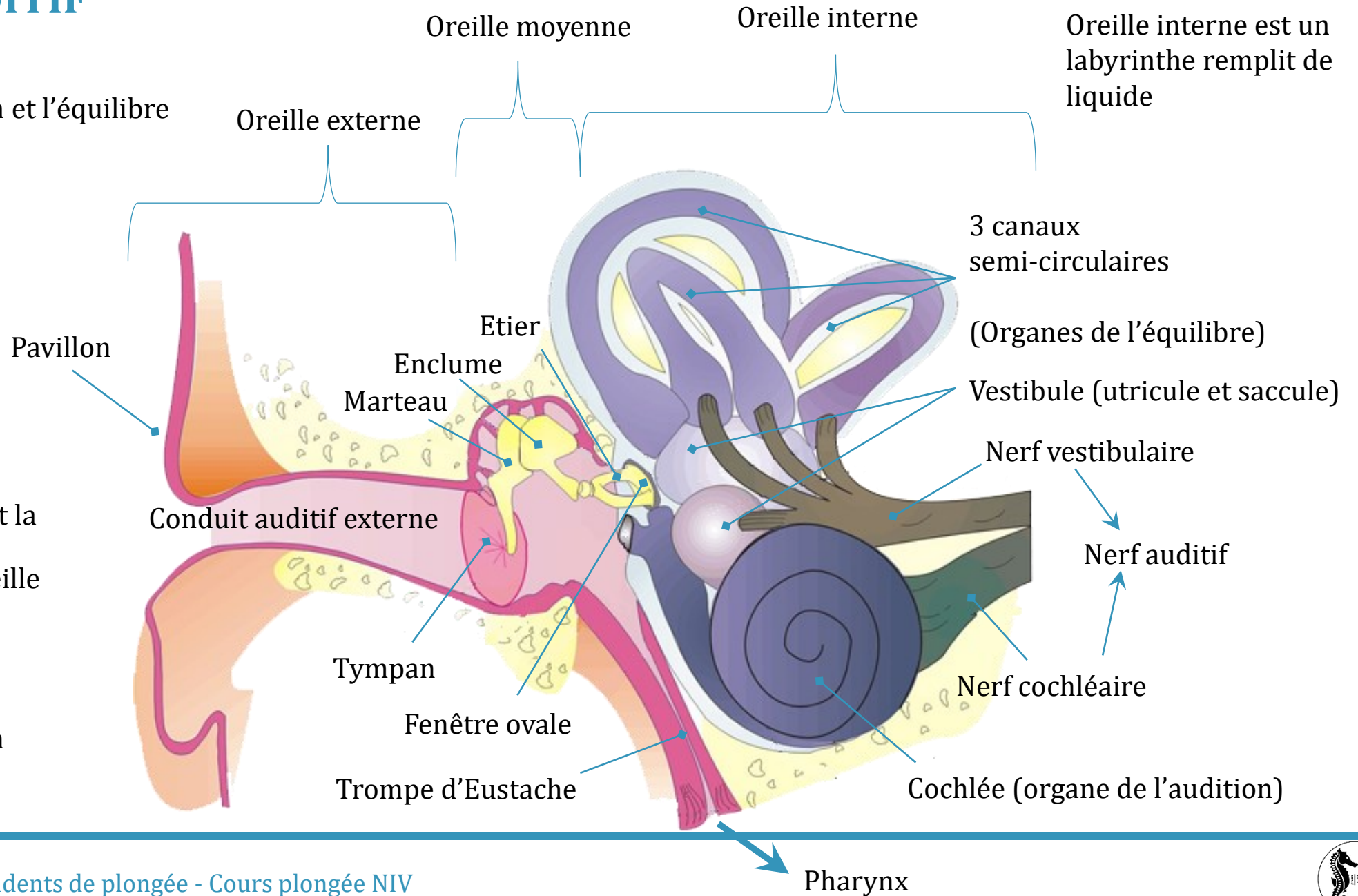
- Assure l'audition et l'équilibre

L'oreille externe est en contact avec le milieu extérieur

Bien la rincer après la plongée

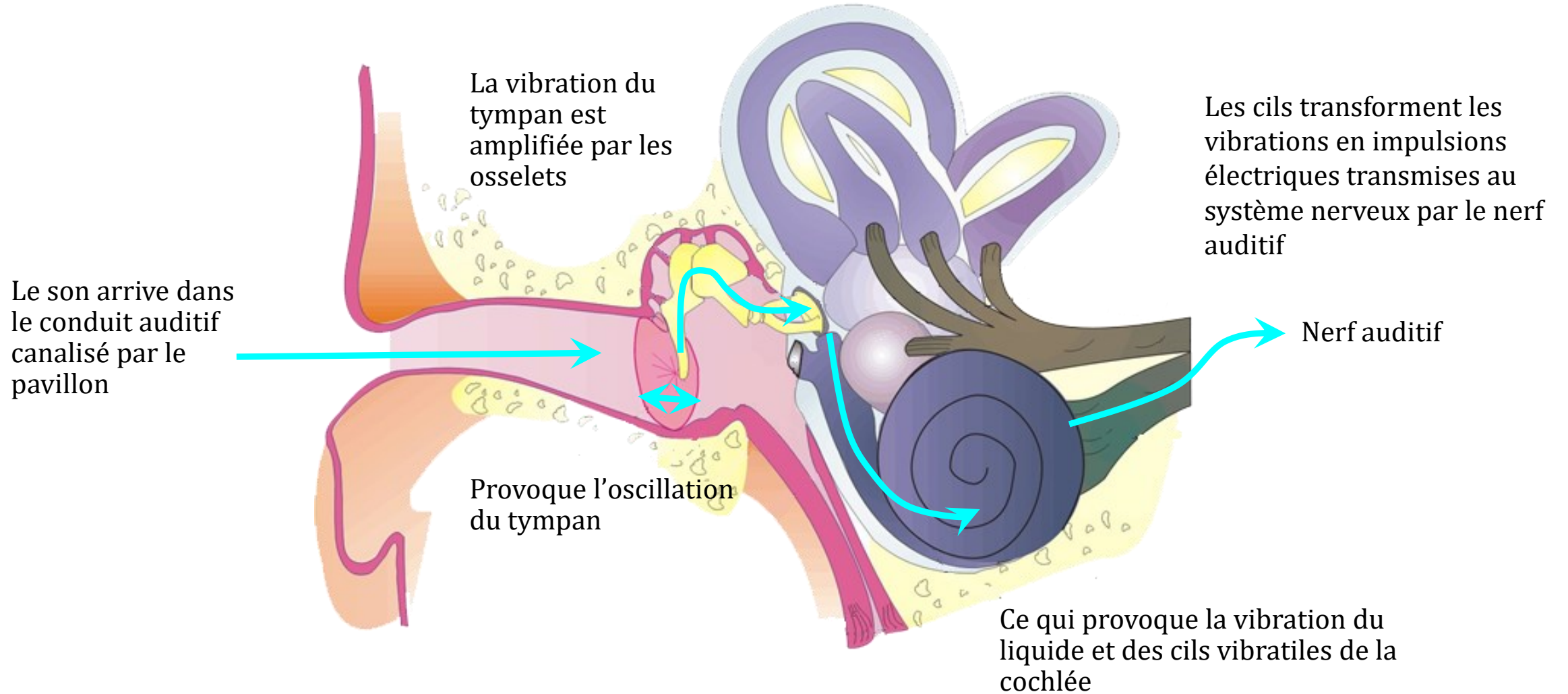
L'oreille interne permet la communication entre l'oreille externe et l'oreille interne

La trompe d'Eustache assure la ventilation et l'équilibre des pressions dans l'oreille moyenne



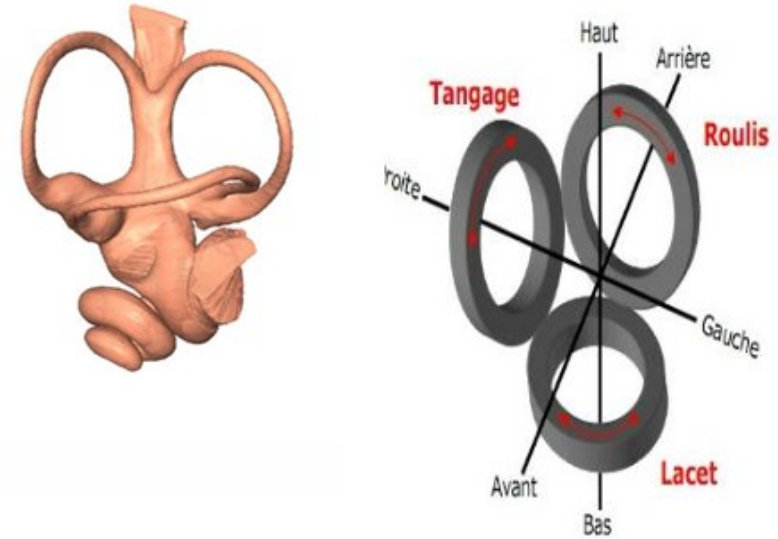
L'APPAREIL AUDITIF

- La transmission du son



L'APPAREIL AUDITIF

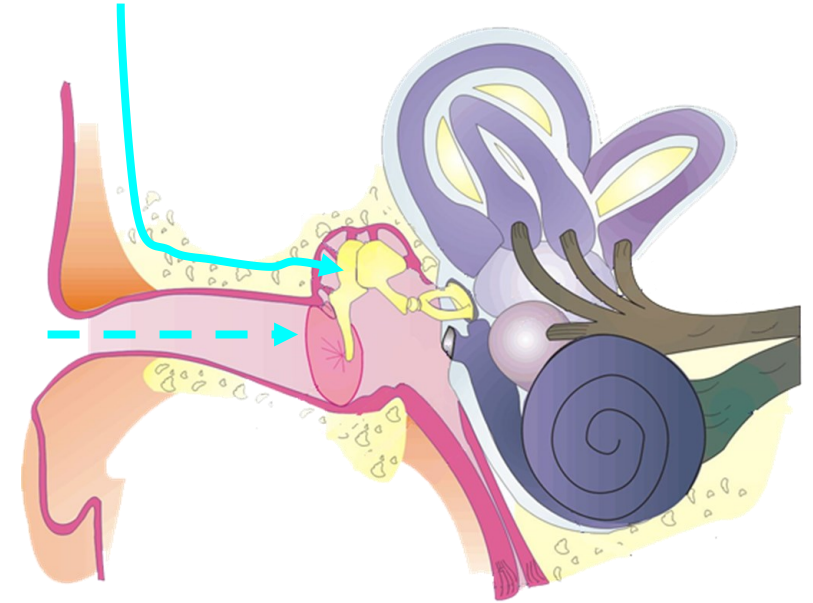
- **L'équilibre**
 - Fonction assurée par l'organe vestibulaire
 - Les 3 canaux semi-circulaires permettent la représentation spatiale
 - Le vestibule est sensible à l'accélération et permet de connaître la position de la tête
 - Les informations sont transmises au système nerveux par le nerf vestibulaire des 2 oreilles



L'APPAREIL AUDITIF

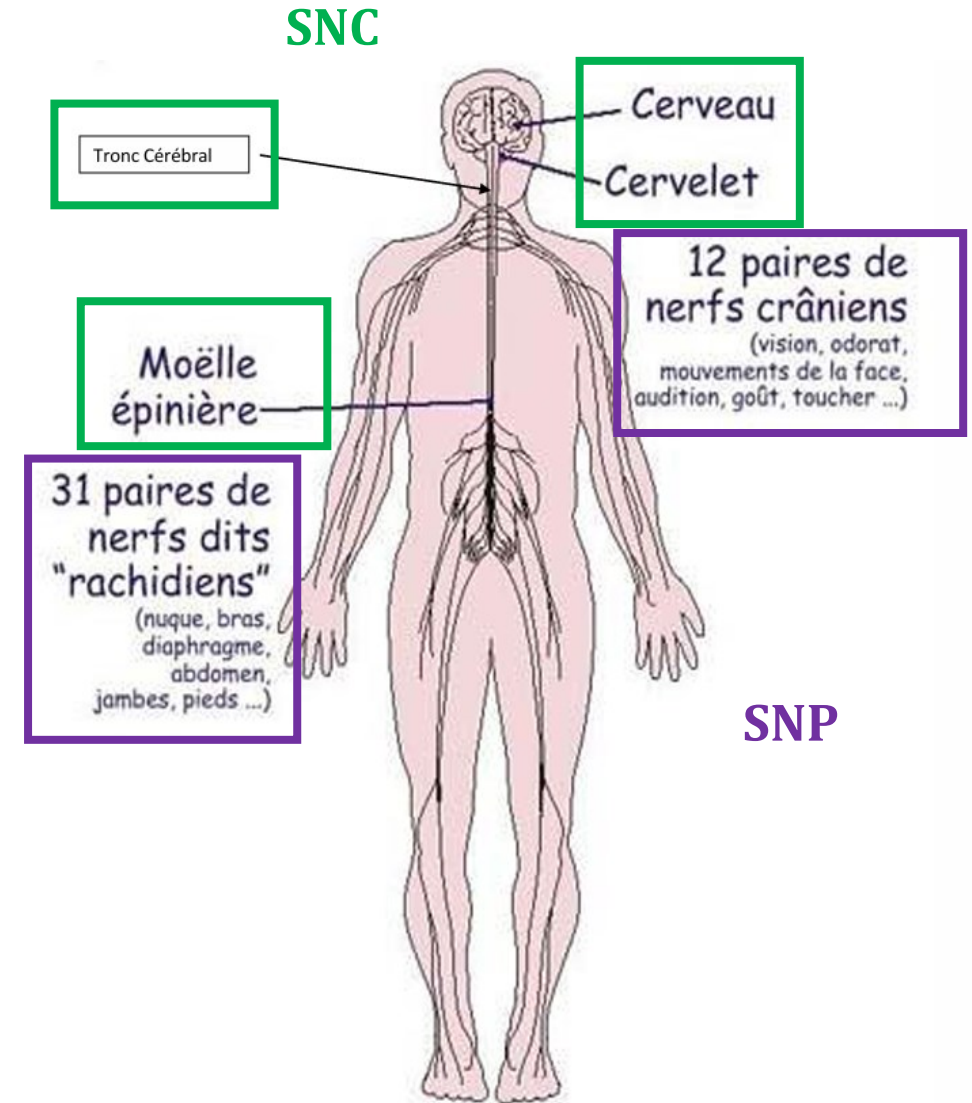
- **Modifications liées à la plongée**
 - Transmission du son
 - Sous l'eau, les tympons vibrent peu, le son se transmet par les os de la boîte crânienne
 - Dans l'eau, la vitesse du son est de 1530 m/s (330 m/s dans l'air), les bruits sont entendus plus rapidement sous l'eau que dans l'air
 - Sous l'eau, les 2 oreilles sont stimulées pratiquement en même temps rendant difficile la localisation du son
 - ⇒ Attention au bruit de moteur à l'approche de la surface
 - L'équilibre
 - Un manque de perméabilité entre les 2 trompes d'Eustache peut provoquer une différence de pression entre les 2 oreilles et l'apparition des vertiges alerno-bariques (≈ 10% des plongeurs)

Transmission du son par les os crâniens vers les osselets



LE SYSTÈME NERVEUX

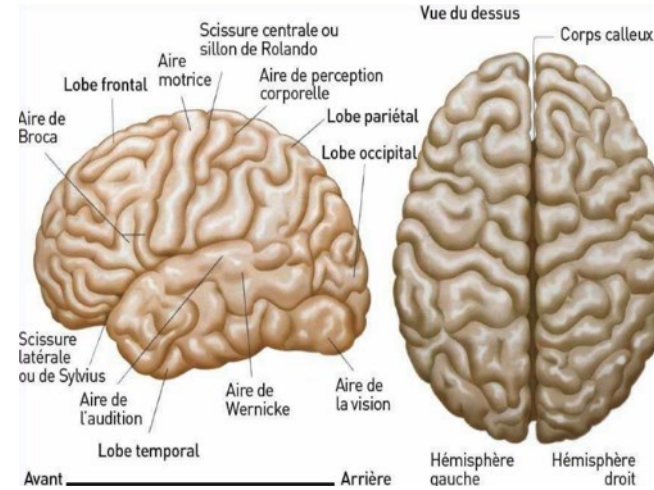
- Assure la transmission des informations entre le cerveau et le reste du corps
- Système Nerveux Central (SNC) :
 - Centre de traitement des informations sensorielles et sensibles
 - Contrôle la plupart des mouvements (hors réflexe)
- Système nerveux Périphérique (SNP) :
 - Transmet les informations et les ordres
- Système nerveux autonome (SNA) :
 - Régule les fonctions involontaires (rythme cardiaque, pression artérielle, digestion...)



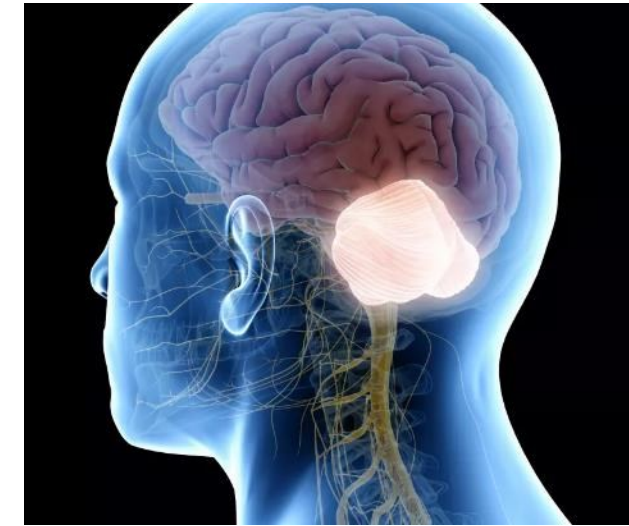
LE SYSTÈME NERVEUX

- **Le SNC**

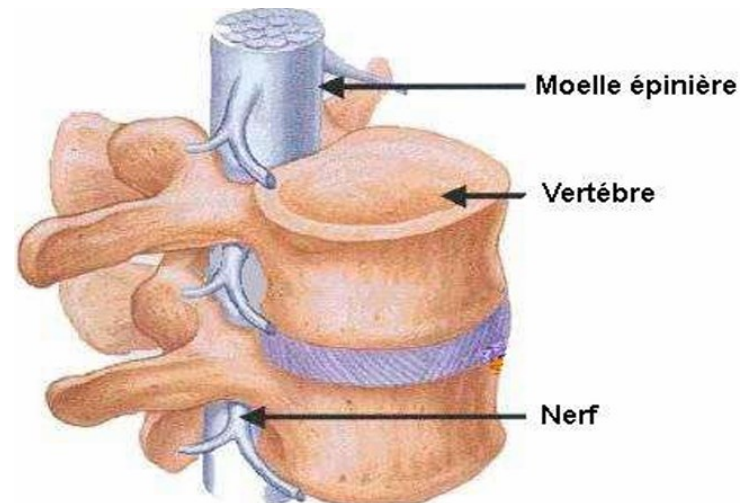
- Le cerveau
 - Traitement des informations
- Le cervelet
 - Régule la fonction motrice
 - Reçoit l'information des yeux et des oreilles : gestion de l'équilibre
- Le tronc cérébral
 - Centre du processus des fonctions involontaires : respiration, battements du cœur, digestion, régulation thermique...
- La moëlle épinière
 - Se trouve dans la colonne vertébrale
 - Permet le transfert des informations
 - Centre de commande pour les réponses rapides (reflex)



Cerveau



Cervelet



Moëlle épinière



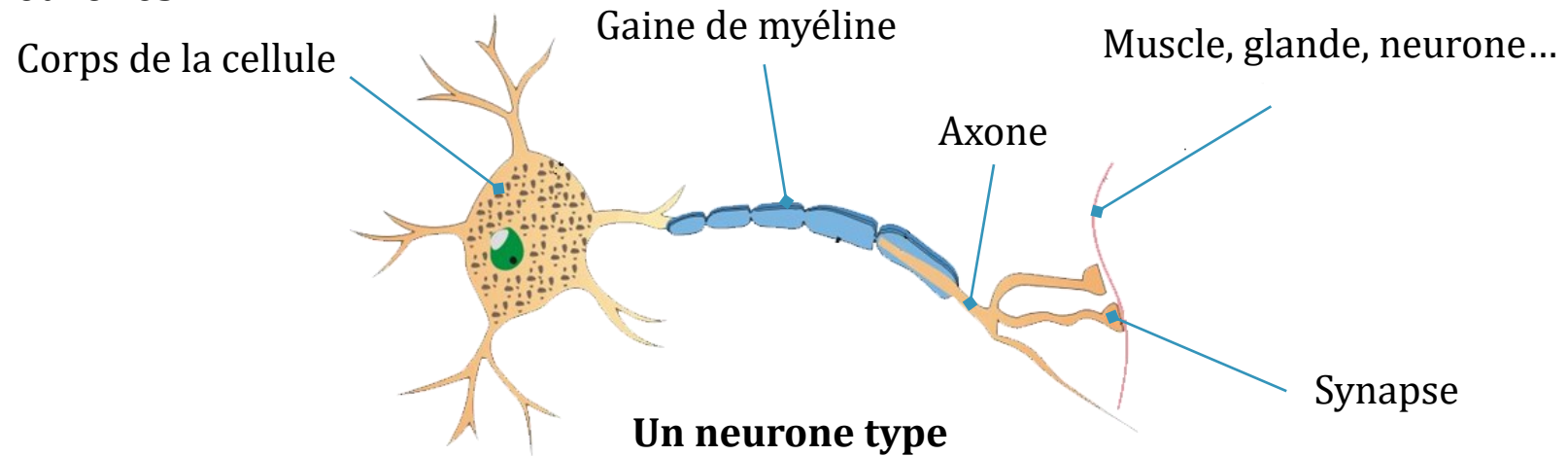
shutterstock.com · 2383126515

Tronc cérébral

LE SYSTÈME NERVEUX

- **SNP**

- Assure la transmission des informations entre le cerveau et le reste du corps
- 12 paires de nerfs crâniens (rattachés à l'encéphale)
- 31 paires de nerfs rachidiens (rattachés à la moëlle osseuse)
- Nerf composé de neurones

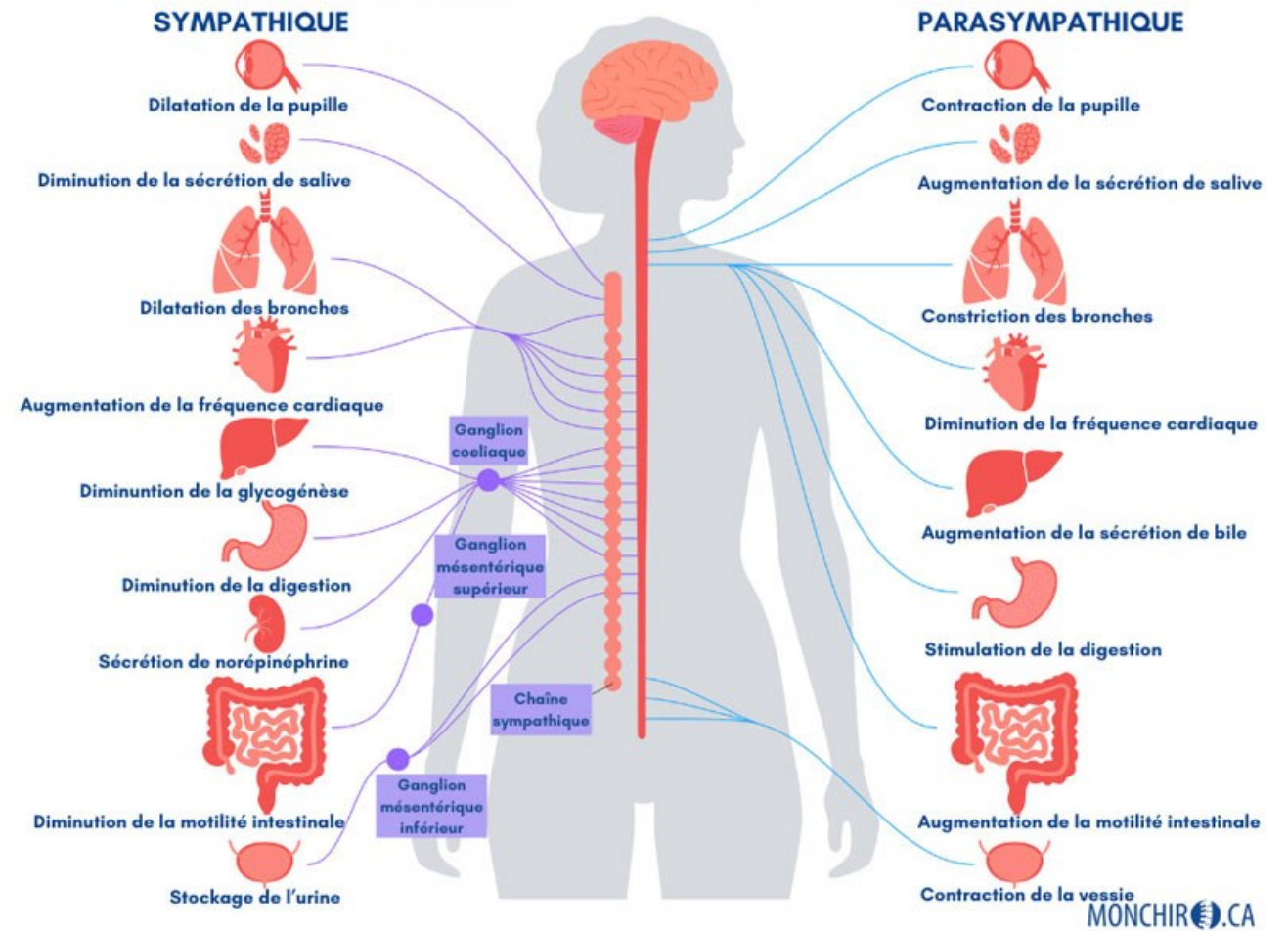


- Privées d'oxygène, les cellules nerveuses meurent rapidement
 - ⇒ En cas d'accident impactant les échanges gazeux (noyade, ADD...) placer rapidement la personne accidentée sous oxygène

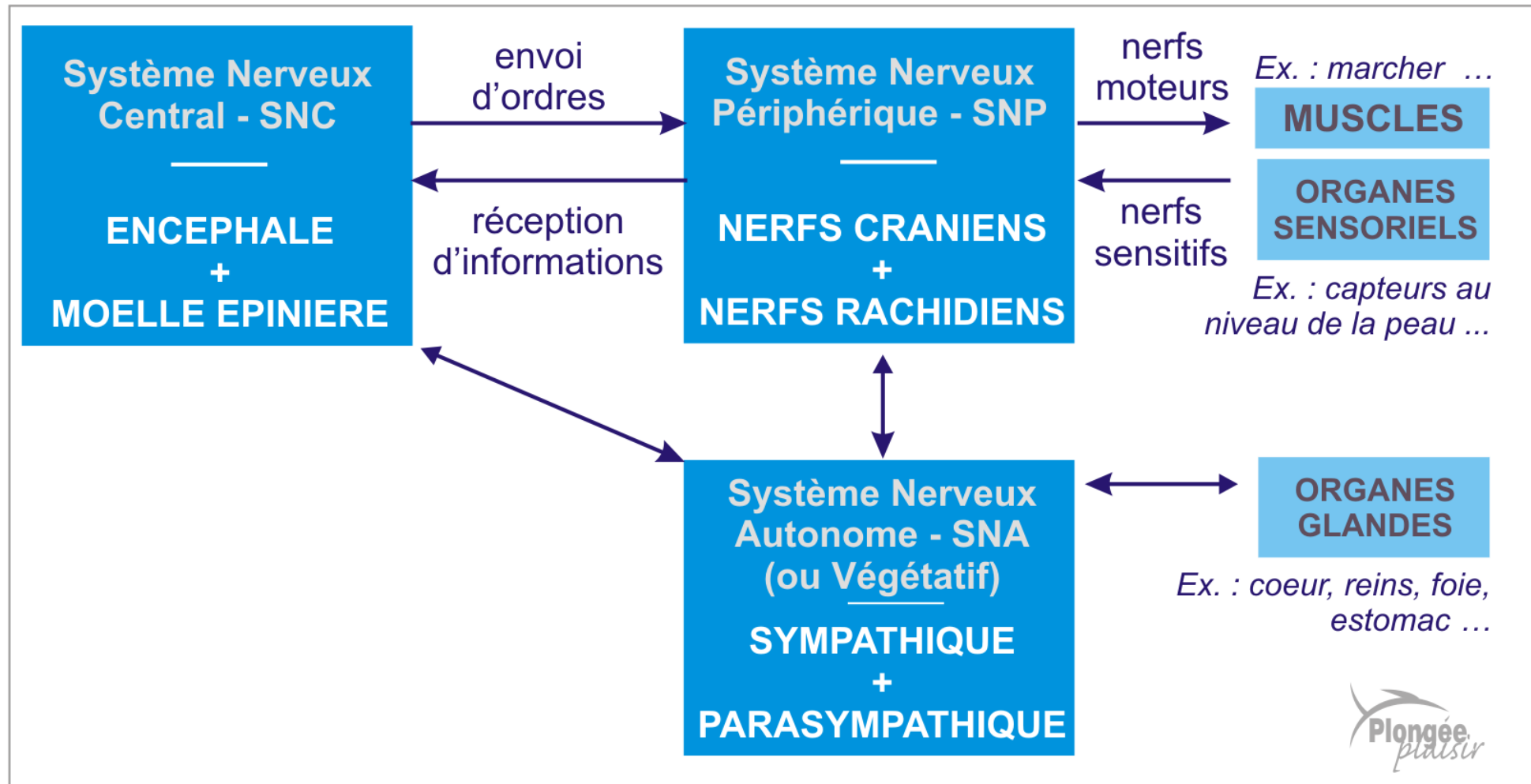
LE SYSTÈME NERVEUX

- SNA
 - Système végétatif, fonctionnement involontaire

SYSTÈME NERVEUX AUTONOME



LE SYSTÈME NERVEUX



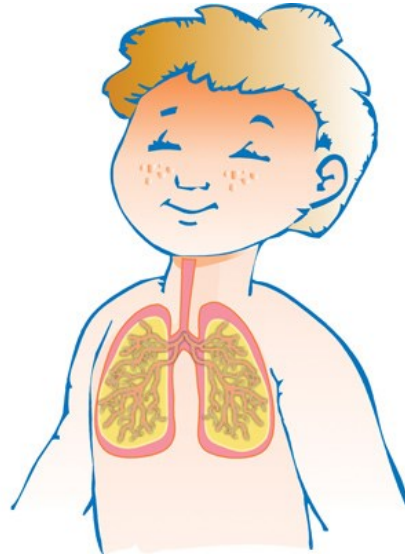
LE SYSTÈME NERVEUX

- **Modifications liées à la plongée**
 - Ralentissement de l'influx nerveux lié à l'interaction de la myéline avec le N_2
 - Narcose, perte d'attention, réaction plus lente, analyse plus lente...

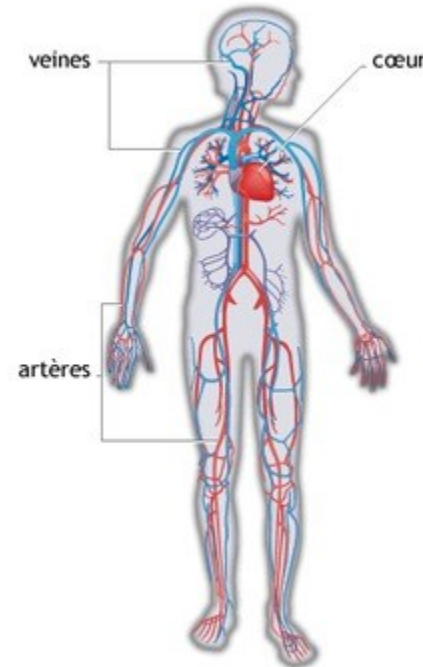
LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités physiologiques**

- Appareil respiratoire : mature après 8 ans, se développe jusqu'à 12 – 14ans
- Appareil cardio-vasculaire encore en développement



} Durée et profondeur de plongée limitée
Tuba adapté (réduire l'espace mort)

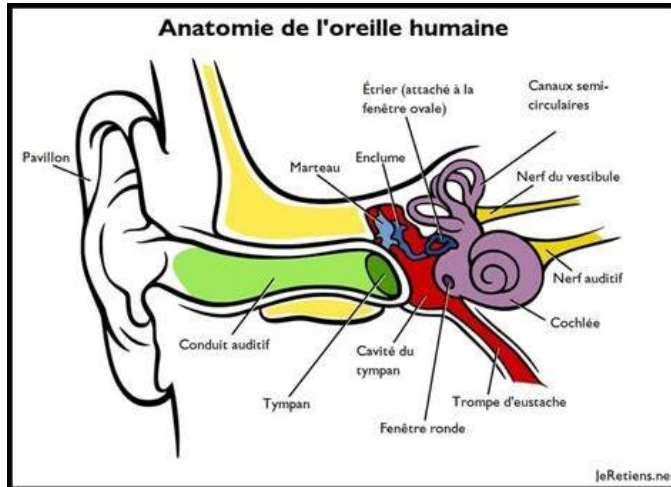


LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités physiologiques**

- Appareil respiratoire : mature après 8 ans, se développe jusqu'à 12 – 14 ans
- Appareil cardio-vasculaire encore en développement
- Appareil ORL : otite barotraumatique est facteur d'accident et d'échec en plongée chez les enfants
 - Obstruction des trompes d'eustache (sinusite, rhume présence des végétations)

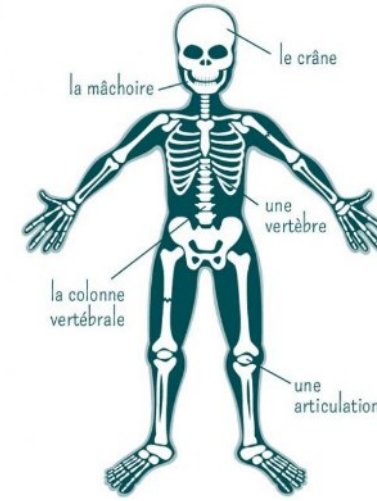
Attention à la profondeur, le type de mise à l'eau, la descente...



LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités physiologiques**

- Appareil respiratoire : mature après 8 ans, se développe jusqu'à 12 – 14 ans
- Appareil cardio-vasculaire encore en développement
- Appareil ORL : otite barotraumatique est le facteur d'accident et d'échec en plongée chez les enfants
 - Obstruction des trompes d'eustache (sinusite, rhume présence des végétations)
- Appareil locomoteur
 - Risque ostéo-articulaire : attention à la taille vs l'âge
 - Risque musculaire : un enfant ou un adolescent n'a pas la même musculation qu'un adulte (même s'il le pense...)



Matériel adapté aux enfants
Mise à l'eau et sortie de l'eau adaptées

LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités physiologiques**

- Appareil respiratoire: mature après 8 ans, se développe jusqu'à 12 – 14 ans
- Appareil cardio-vasculaire encore en développement
- Appareil ORL : otite barotraumatique est le facteur d'accident et d'échec en plongée chez les enfants
 - Obstruction des trompes d'eustache (sinusite, rhume présence des végétations)
- Appareil locomoteur
 - Risque ostéo-articulaire : attention à la taille vs l'âge
 - Risque musculaire : un enfant ou un adolescent n'a pas la même musculature qu'un adulte (même s'il le pense...)
- La régulation thermique : réaction de vasoconstriction plus rapide
 - Se refroidit plus rapidement : attention pendant la plongée
 - Se réchauffe plus rapidement : attention avant et après la plongée

Réglementation sur la température de l'eau
Durée de plongée limitée
Combinaison adaptée



LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités physiologiques**

- Appareil respiratoire: mature après 8 ans, se développe jusqu'à 12 - 14 ans
 - Appareil cardio-vasculaire encore en développement
 - Appareil ORL : otite barotraumatique est le facteur d'accident et d'échec en plongée chez les enfants
 - Obstruction des trompes d'eustache (sinusite, rhume présence des végétations)
 - Appareil locomoteur
 - Risque ostéo-articulaire : attention à la taille vs l'âge
 - Risque musculaire : un enfant ou un adolescent n'a pas la même musculature qu'un adulte (même s'il le pense...)
 - La régulation thermique : réaction de vasoconstriction plus rapide
 - Se refroidit plus rapidement : attention pendant la plongée
 - Se réchauffe plus rapidement : attention avant et après la plongée)
- Durée et profondeur de plongée limitée
Tuba adapté (réduire l'espace mort)
- Attention à la profondeur, le type de mise à l'eau, la descente...
- Matériel adapté aux enfants
Mise à l'eau et sortie de l'eau adaptées
- Réglementation sur la température de l'eau
Durée de plongée limitée
Combinaison adaptée



LES JEUNES PLONGEURS

- **Spécificités psychologiques**

- Concentration limitée
- Instinctif : risque d'avis selon son envie
- ...ou craintif : pas de communication sur ses craintes
- Attention aux familles de plongeurs (affectif)

} Briefing adapté



Attention à l'intimité vs les adultes mais aussi entre les enfants

⇒ **Réglementation spécifique pour les plongeurs enfants**

LES PLONGEURS SENIORS

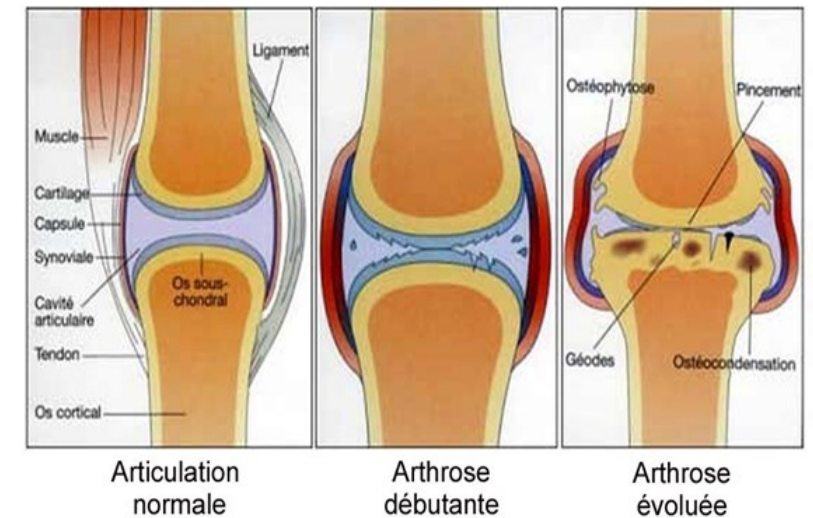
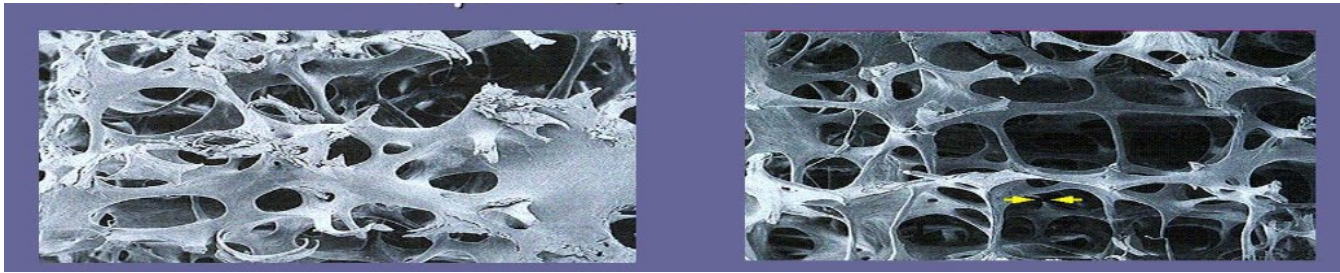
- Population de séniors de plus en plus active
- En 2016 : 8% des plongeurs > 60 ans
- 2 types de plongeurs séniors
 - Plongeurs confirmés vieillissant (encadrés, autonomes et encadrants)
 - Les nouveaux pratiquants qui découvrent la plongée après 50 ans
- Tout le monde vieillit : besoin d'adapter la façon de plonger par rapport à l'âge



LES PLONGEURS SENIORS

- Impact de l'âge sur notre corps :
 - Les muscles : moins d'effort intense et bref
 - Les os : fragilité augmentée
 - Les tendons et ligaments : moins de souplesse

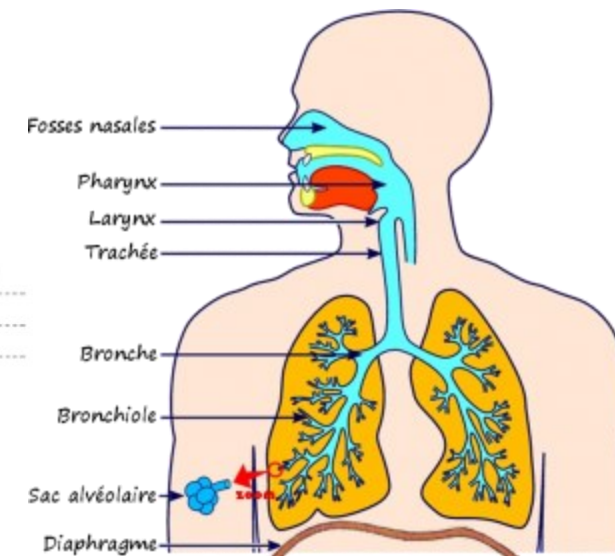
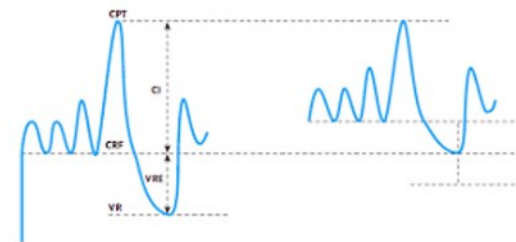
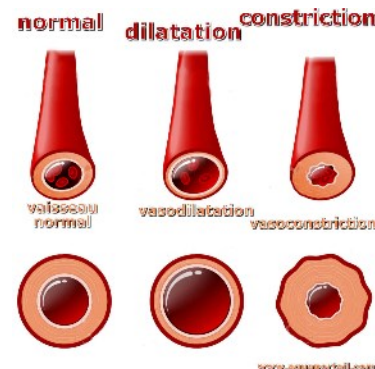
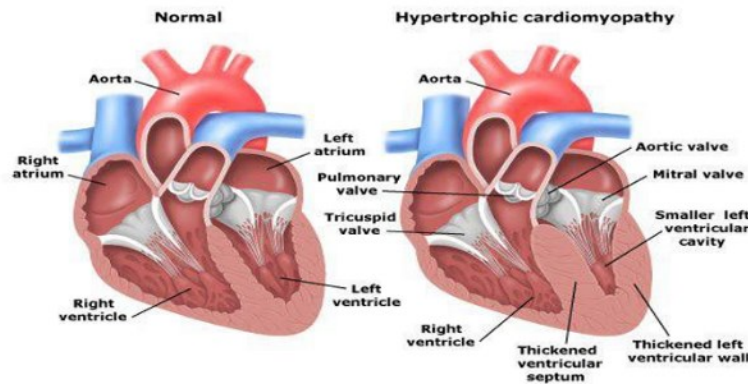
Attention aux zones glissantes (bateau)
Prévoir une zone pour s'équiper, se déséquiper
Attention à la sortie de l'eau
Aide pour porter le matériel...



LES PLONGEURS SENIORS

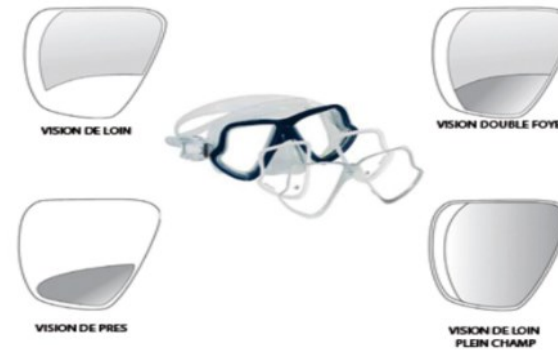
- Impact de l'âge sur notre corps :
 - Les muscles : moins d'effort intense et bref
 - Les os : fragilité augmentée
 - Les tendons et ligaments : moins de souplesse
 - Le système cardiaque et sanguin : risque d'arythmie
 - Le système ventilatoire : risque d'essoufflement et d'ADD
 - Le système rénal : risque d'ADD

Impact du courant
Impact de la profondeur (limiter la profondeur)
Temps de récupération plus long
Bien s'hydrater



LES PLONGEURS SENIORS

- Impact de l'âge sur notre corps :
 - Les muscles : moins d'effort intense et bref
 - Les os : fragilité augmentée
 - Les tendons et ligaments : moins de souplesse
 - Le système cardiaque et sanguin : risque d'arythmie
 - Le système ventilatoire : risque d'essoufflement et d'ADD
 - Le système rénal : risque d'ADD
 - Les systèmes nerveux central et périphériques : transmission des informations (prise de décision, mémoire, sensation de froid...)
 - Le système cognitif : conscience de ses limites, compréhension plus lente
 - Le système visuel : vision de près, de loin plus faible
 - Le système auditif : tympan moins souple



S'assurer que le message a bien été compris (briefing)
Adapter le site de plongée
Adapter le matériel
Limiter les yo-yo
Adapter la vitesse de descente...

LES PLONGEURS SENIORS

- Impact de l'âge sur notre corps :

- Les muscles : moins d'effort intense et bref
- Les os : fragilité augmentée
- Les tendons et ligaments : moins de souplesse
- Le système cardiaque et sanguin : risque d'arythmie
- Le système ventilatoire : risque d'essoufflement et d'ADD
- Le système rénal : risque d'ADD
- Les systèmes nerveux central et périphériques : transmission des informations (prise de décision, mémoire, sensation de froid...)
- Le système cognitif : conscience de ses limites, compréhension plus lente
- Le système visuel : vision de près, de loin plus faible
- Le système auditif : tympan moins souple

Attention aux zones glissantes (bateau)
Prévoir une zone pour s'équiper, se déséquiper
Attention à la sortie de l'eau
Aide pour porter le matériel...

Impact du courant
Impact de la profondeur (limiter la profondeur)
Temps de récupération plus long
Bien s'hydrater

S'assurer que le message a bien été compris (briefing)
Adapter le site de plongée
Adapter le matériel
Limiter les yo-yo adapter la vitesses de descente...



Attention aussi à l'intimité !

DES QUESTIONS ?

