

# NIVEAU 4

La plongée sollicite le système cardio-vasculaire



# Qu'est ce que l'appareil cardio-vasculaire?

- Une pompe (*le cœur*)
- Des tuyaux (*les vaisseaux*)
- Un liquide (*le sang*)
- Une prise d'air (*les poumons*)
- Une chaudière (*l'organisme*)
- Des filtres (*les reins, le foie*)
- Un échappement (*les poumons*)

# AUTREMENT DIT:

- **COURS DE PLOMBERIE CHAUFFAGERIE**
- **On va parler de pompe, de tuyaux, de gaz, de pressions.**

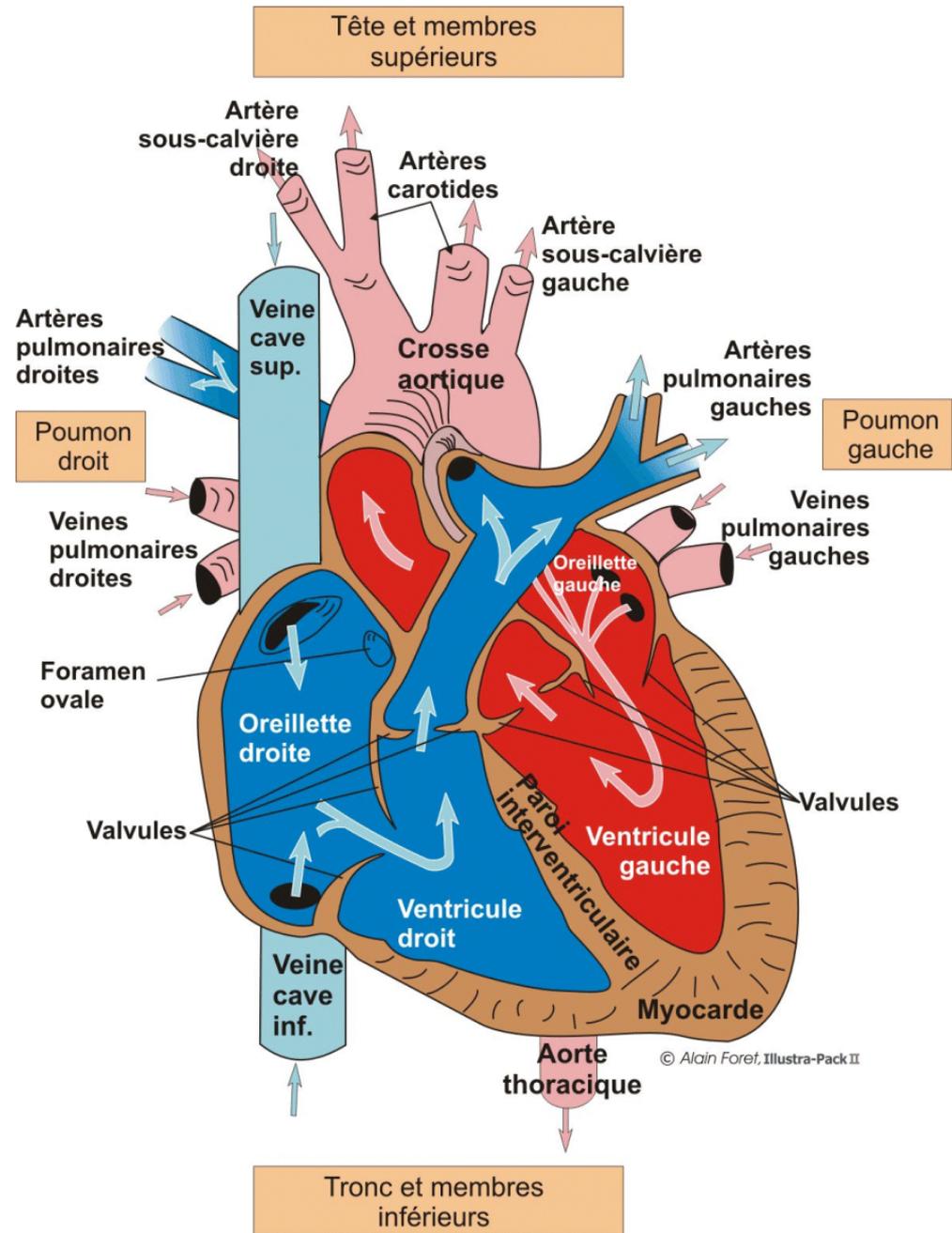
# LA POMPE

- Pompe aspirante-refoulante à deux circuits croisés ni en série ni en parallèle,
- 4 cavités,
- 1 ventricule, 1 oreillette à gauche (*haute pression*)
- 1 ventricule, 1 oreillette à droite (*basse pression*)
- des soupapes (*les valvules*),
- des tuyaux en partent (*les artères*),
- d'autres tuyaux y arrivent (*les veines*).

**C'est : LE COEUR**

# Le cœur

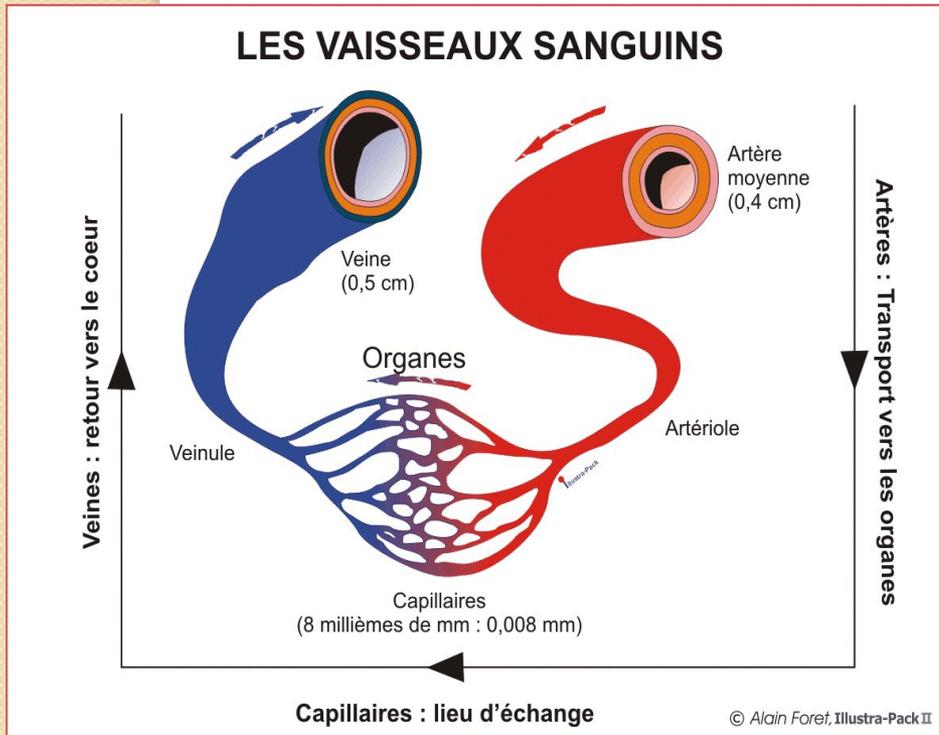
- Muscle creux : le **myocarde**.
  - Muscle analogue aux muscles squelettiques mais avec une structure particulière qui le rend automatique et infatigable. (100 000 contractions par jour)
- Situé dans le **médiastin**.
  - C'est l'espace situé entre les 2 poumons. Il partage cet espace avec la trachée, les deux bronches et l'œsophage.



# Fonctionnement du cœur

- La commande de la contraction est électrique.
- Deux phases:
  - **La diastole** ou remplissage
  - **La systole** ou éjection
- La fréquence cardiaque
  - Régulée par le système nerveux
  - Et par certaines hormones
- Le débit cardiaque (5 litres/mn à 30l/mn)
  - $DC = VES \times FC$

# Les Vaisseaux sanguins



- **les artères**

- qui conduisent le sang du cœur vers les organes.
- Paroi musculaire et contractile.

- **les veines**

- qui ramènent le sang des organes vers le cœur.
- Porteuses de valvules dans les MI

- **les capillaires**

- qui réalisent la jonction entre artérioles et veinules au niveau des cellules.
- Les capillaires, à paroi unicellulaire, sont le siège de divers échanges entre le sang et les tissus dont  $O_2 \rightleftharpoons CO_2$ .
- Surface env.  $7000m^2$

# Lexique

- Vasoconstriction
- Vasodilatation
- Vascularisation
- Vasculaire
- Barorécepteurs
- Bradycardie: Brady = lent
- Tachycardie : Tachy = vitesse

# Le liquide : le sang

5 à 6 litres chez l'adulte

est composé essentiellement :

## de globules rouges ou hématies

Contiennent l'hémoglobine = fixation d'O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>.

## de globules blancs ou leucocytes

L'armée qui assurent la défense

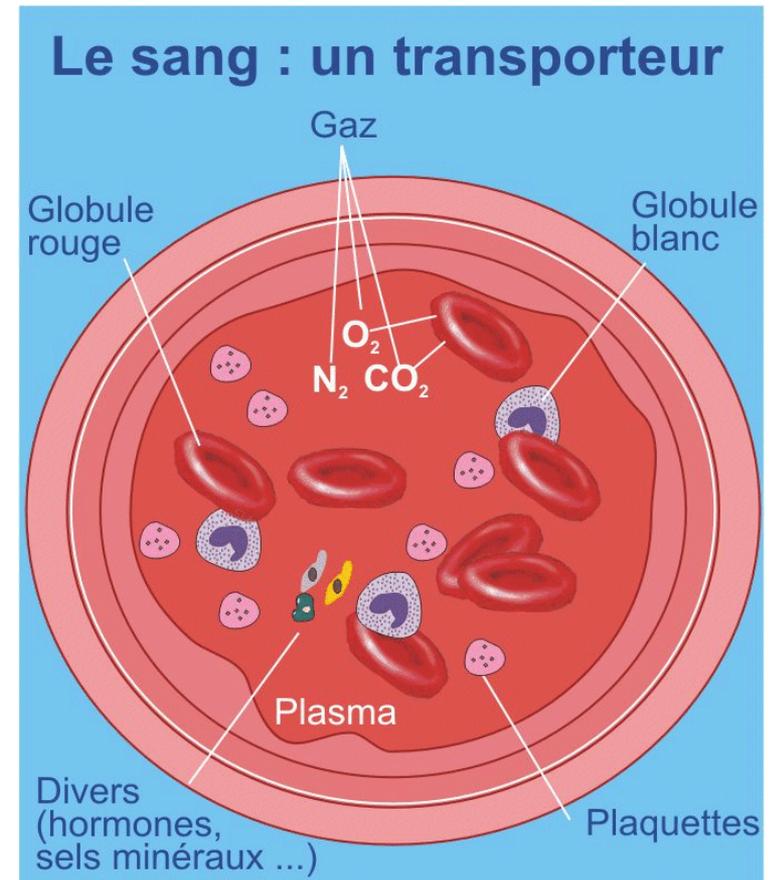
## de plaquettes

Assurent la coagulation sanguine en s'agrégeant entre elles

Rôle dans l'ADD

## de plasma

Liquide de transport qui contient de l'eau, protéines, glucides, anticorps etc....



# Le mode de transport des gaz

- **L'oxygène O<sub>2</sub>**

- Transporté à 98% combiné à hémoglobine c'est le taux de SaO<sub>2</sub> et sous forme dissoute. (*la forme dissoute est fonction de la ppO<sub>2</sub>*)

- **Le CO<sub>2</sub>**

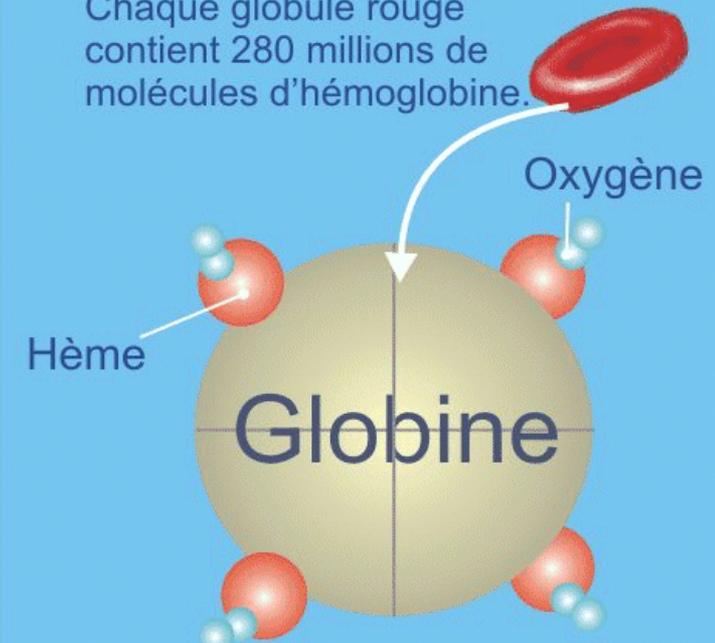
- Transporté à 87% sous forme acide carbonique, 8% combiné à Hb et 5% dissout.

- **L'azote N<sub>2</sub>**

- 100% sous forme dissoute.

**Molécule d'hémoglobine**

Chaque globule rouge contient 280 millions de molécules d'hémoglobine.



Oxygène

Hème

**Globine**

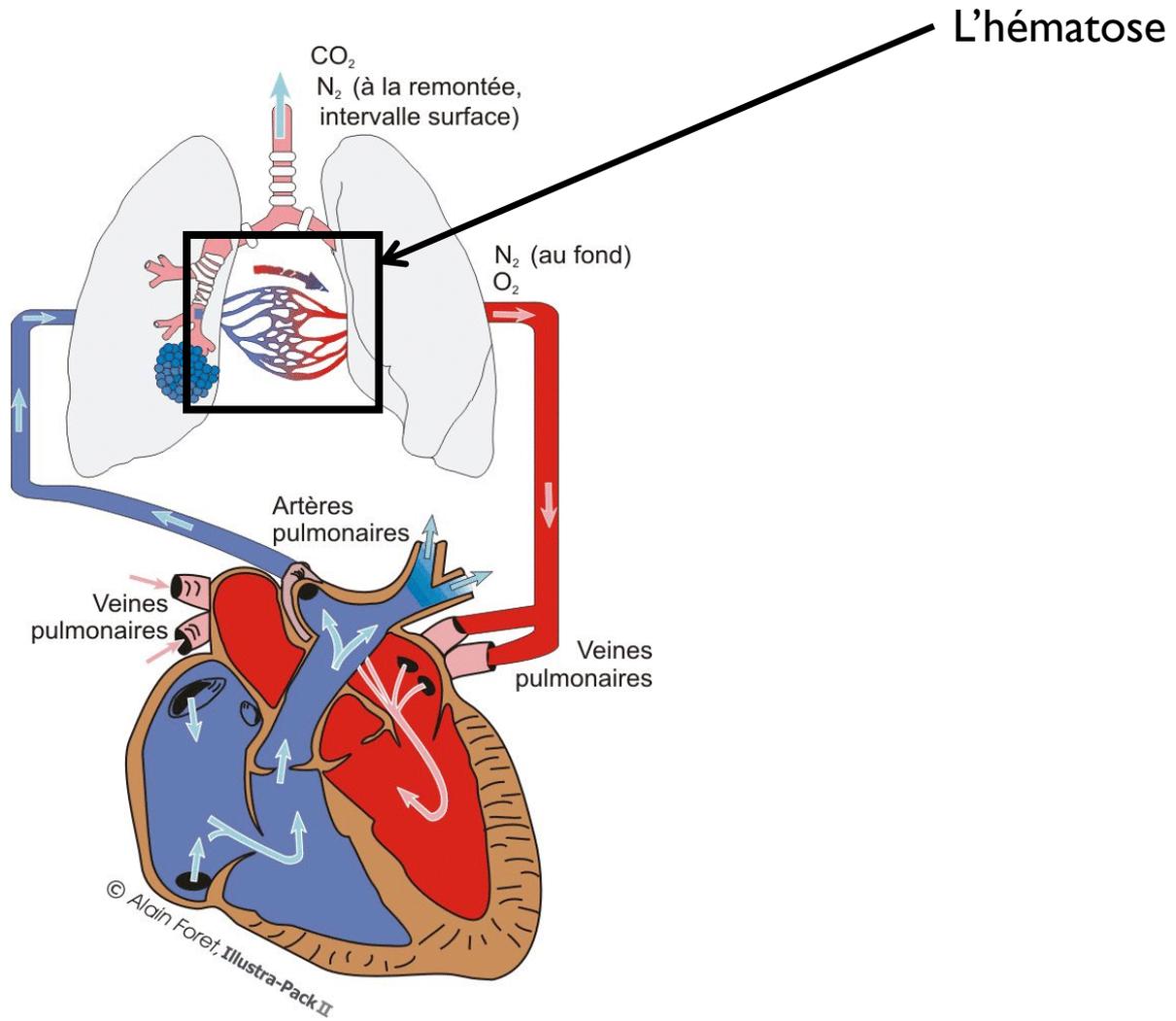
Une molécule d'hémoglobine : 4 hèmes (fer) fixent l'oxygène.

The diagram illustrates the structure of a hemoglobin molecule. It features a central, light-brown, spherical core labeled 'Globine'. Surrounding this core are four heme groups, each represented by a red sphere with a smaller blue sphere attached to it. A label 'Hème' points to one of these groups. An arrow points from a red blood cell (depicted as a red disc) to the hemoglobin molecule, with the text 'Chaque globule rouge contient 280 millions de molécules d'hémoglobine.' Above the molecule, an arrow points to one of the heme groups, with the label 'Oxygène' next to it. At the bottom, a caption states: 'Une molécule d'hémoglobine : 4 hèmes (fer) fixent l'oxygène.'

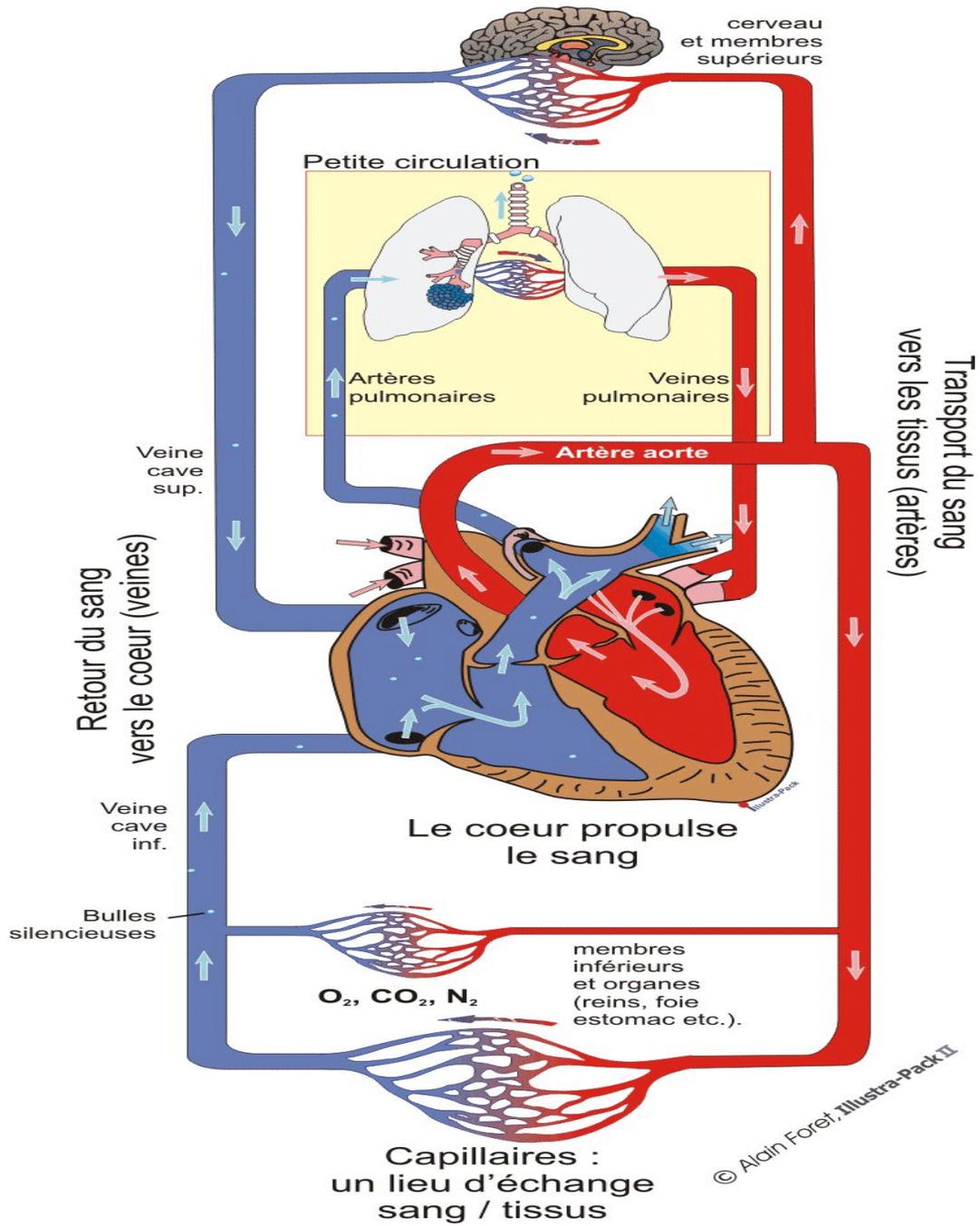
# La circulation sanguine

- **Circulation pulmonaire ou petite circulation**
- **Circulation systémique ou grande circulation**

# La circulation pulmonaire



# La circulation générale



# Résumé : La circulation sanguine

Le système cardio-vasculaire est composé du cœur (pompe qui propulse le sang) et de vaisseaux sanguins.

## Le Cœur :

Il se compose de deux **oreillettes** qui reçoivent le sang et deux **ventricules** qui le propulsent.

Chaque oreillette droite et gauche communique avec le ventricule correspondant.

Entre les oreillettes et les ventricules, des valves empêchent le retour en arrière du sang.

Du ventricule gauche part l'**aorte**, du ventricule droit part l'**artère pulmonaire**, ces 2 artères sont porteuses de valves.

Dans l'oreillette droite, le sang arrive par les deux **veines caves supérieure et inférieure** et dans l'oreillette gauche, par les **quatre veines pulmonaires**

C'est un muscle particulier dit infatigable qui se contracte 100 000 fois/jour toute une vie!

## Ce qu'il faut savoir :

Le muscle cardiaque se contracte rythmiquement en présentant **successivement** :

Un écoulement passif des oreillettes vers les ventricules par différence de pression suivi de :

La contraction des oreillettes complète ensuite le remplissage ventriculaire suivi immédiatement de :

**La contraction des ventricules ou systole**. Ils éjectent le sang dans leurs artères respectives (VG dans l'aorte) et (VD dans l'artère pulmonaire).

*Les valves mitrales à gauche et tricuspide à droite se ferment*

*Les valves aortiques et pulmonaires s'ouvrent*

Pendant cette phase, les oreillettes se remplissent.

**La phase de relâchement du muscle cardiaque ou diastole**. C'est pendant cette phase que les ventricules se remplissent.

*Les valves aortiques et pulmonaires se ferment*

*valves mitrales à gauche et tricuspide à droite s'ouvrent*

**Et le cycle reprend**

les vaisseaux sanguins (artères, veines, capillaires).

**Il faut distinguer**

**la circulation sanguine générale ou systémique** qui permet au sang d'irriguer tous les organes.

**la circulation sanguine pulmonaire** qui permet au sang de circuler dans les poumons où il se charge en O<sub>2</sub> et décharge le CO<sub>2</sub>.

**Dans la circulation sanguine générale :**

Les **artères** conduisent le sang chargé d'oxygène (O<sub>2</sub>) vers les organes.

Les **veines** acheminent le sang chargé de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) au cœur.

Les **capillaires** sont des vaisseaux très fins qui apportent au tissu l'oxygène et les déchargent en CO<sub>2</sub> ils établissent le passage du sang des artères aux veines.

**ATTENTION!**

***Dans la circulation sanguine générale***

le sang chargé d'oxygène est véhiculé par les artères (c'est dans l'une d'elles que se prélève le sang pour l'analyse des gaz du sang).

le sang chargé de gaz carbonique est véhiculé par les veines.

***Dans la circulation sanguine pulmonaire***

le sang chargé de gaz carbonique est véhiculé par l'artère vers les poumons

Et le sang chargé d'oxygène est ramené au cœur par les veines pulmonaire

**Ou plutôt: ce qui part du cœur est véhiculé par les artères et ce qui arrive au cœur par les veines**

# Cas particuliers

- Les bulles silencieuses,
- Le FOP,
- La déshydratation,
- La thermorégulation.

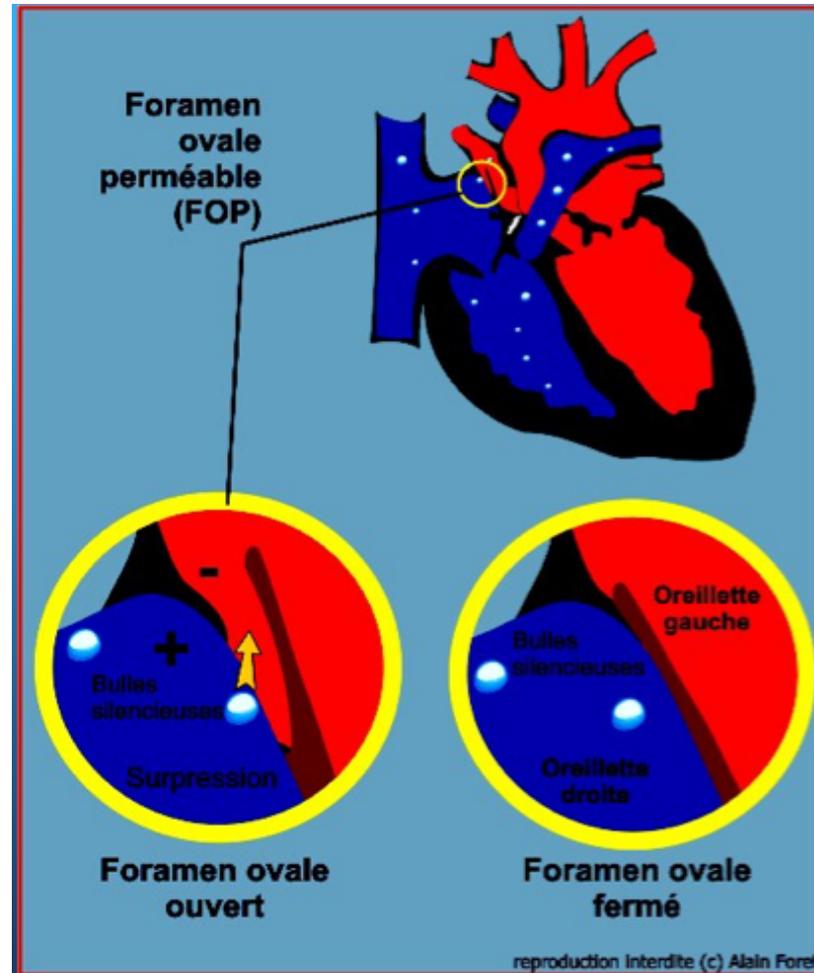
# Les bulles silencieuses

- Effet Doppler.
- Ce sont des bulles de gaz inerte (azote) présentes dans la circulation veineuse et évacuées par le filtre pulmonaire.
- Elles apparaissent à la remontée et leur nombre est fonction
  - de la vitesse de remontée
  - de la saturation (profondeur, successives, yoyo)
- Tous les individus ne sont pas égaux faces aux bulles.

# Le Foramen Ovale Perméable FOP

- Définition
- 20 à 30% de la population générale
- Se retrouve plus fréquemment dans un groupe ayant fait un ADD avec respect des procédures que dans la population générale.
- N'est recherché qu'en cas d'ADD. Si diagnostic de FOP après ADD, c'est une **contre indication à la plongée**. (en France)
- Méthodes de détection (Doppler trans-crânien, Echographie trans-œsophagienne avec bulles)
  
- En présence d'un FOP le risque d'ADD est très faible.
- Mais en règle générale:
  - Pas d'effort important après une plongée
  - Remontée sur le bateau sans détendeur en bouche et masque autor du cou

# Mécanisme de l'AdD par le FOP



# Déshydratation (ADD)

- Chaleur soleil, combi sur le bateau,
  - Tourista,
  - La bringue de la veille au soir
  - Diurèse d'immersion.
- 
- **BOIRE +++ 2.5 à 3 litres d'eau**

# La diurèse d'immersion

- L'apesanteur dans l'eau entraîne une redistribution de la masse sanguine avec augmentation du volume sanguin central
- Régulation:
  - Diminution de la FC car VES augmente
  - Des capteurs de volume situés dans OD augmentent la diurèse pour diminuer cette augmentation de volume
  - Puis retour à une FC normale.
- De retour en surface:
  - Conditions normales de pesanteur
  - Volume sanguin a diminué => concentration du sang => augmentation de la viscosité
- **Donc boire ++ avant et après la plongée.**

# Froid et thermorégulation

- Neutralité thermique 25° dans l'air 33° dans l'eau
  - Refroidissement 25 x plus rapide dans eau
- Mécanismes du refroidissement
  - Convection (l'eau dans la combi refroidi le corps)
  - Conduction (le corps tente de réchauffer la couche d'eau)
  - Ventilation
- Mécanismes de compensation pour lutter contre le froid
  - Vasoconstriction périphérique (maintenir perfusion organes)
  - => Augmentation masse sanguine centrale d'où augmentation de la diurèse. (même méca que diurèse d'immersion)
  - Hyperventilation crampes
- Facteurs favorisants
  - Profondeur par compression du néoprène
  - Mouvements
  - Fatigue

# CAT en cas de refroidissement

- Dans l'eau
  - Le signaler
  - Augmenter le temps de palier
  - Remontée lente
- En surface
  - Déséquiper
  - Sécher sans frotter ni frictionner
  - Vêtements chauds
  - Boisson chaude et sucrée
  - Réchauffer progressivement sinon risque de vasodilatation brutale
  - Au max (hypothermie), évacuer le plongeur

# L'Œdème Pulmonaire d'Immersion

- Il se manifeste le plus souvent par une difficulté respiratoire (dyspnée) qui peut survenir dès l'immersion mais débute le plus souvent en profondeur et s'aggrave à la remontée.
- Les autres symptômes sont une toux et la présence d'expectorations mousseuses voire de crachats sanguinolents, marqueurs de lésions pulmonaires.
- Une oppression thoracique sans véritable douleur et/ou une sensation de mort imminente ont également été rapportées.
- Des symptômes qui peuvent provoquer une panique chez le plongeur ou ses coéquipiers, précipiter la remontée et provoquer en plus un accident de décompression

# QUE FAIRE EN CAS D'OPI

Les premières mesures consistent à extraire la victime de l'eau, lui retirer tout ce qui pourrait obstruer les voies aériennes ou entraver la respiration (masque, détendeur, combinaison...)

Administrer de l'oxygène au masque à haute concentration (débit 12-15 litres/minute).

Si l'état de conscience de la victime le permet, il est préférable de l'installer en position assise. Un transfert médicalisé vers un centre de soins possédant une chambre hyperbare est recommandé, notamment en raison du risque d'accident de décompression qui peut compliquer une remontée précipitée.

# Mécanismes physiologiques

- L'œdème se caractérise par le passage de liquide de la circulation sanguine dans les poumons. Il est la conséquence d'une augmentation du gradient de pression de part et d'autre de la paroi des capillaires et d'une rupture de la barrière alvéolocapillaire.
- Plusieurs paramètres contribuent à cette situation, à commencer par une augmentation de la pression artérielle pulmonaire en amont des alvéoles. Celle-ci résulte notamment d'un transfert de sang de 250 à 700 ml (blood shift) de la périphérie du corps vers le thorax, en raison de l'augmentation de la pression qui s'exerce sur le corps du plongeur.
- La diminution de la pression intra-alvéolaire, ainsi que la contraction des capillaires alvéolaires et des vaisseaux en périphérie jouent également un rôle dans l'apparition de l'OPI.

