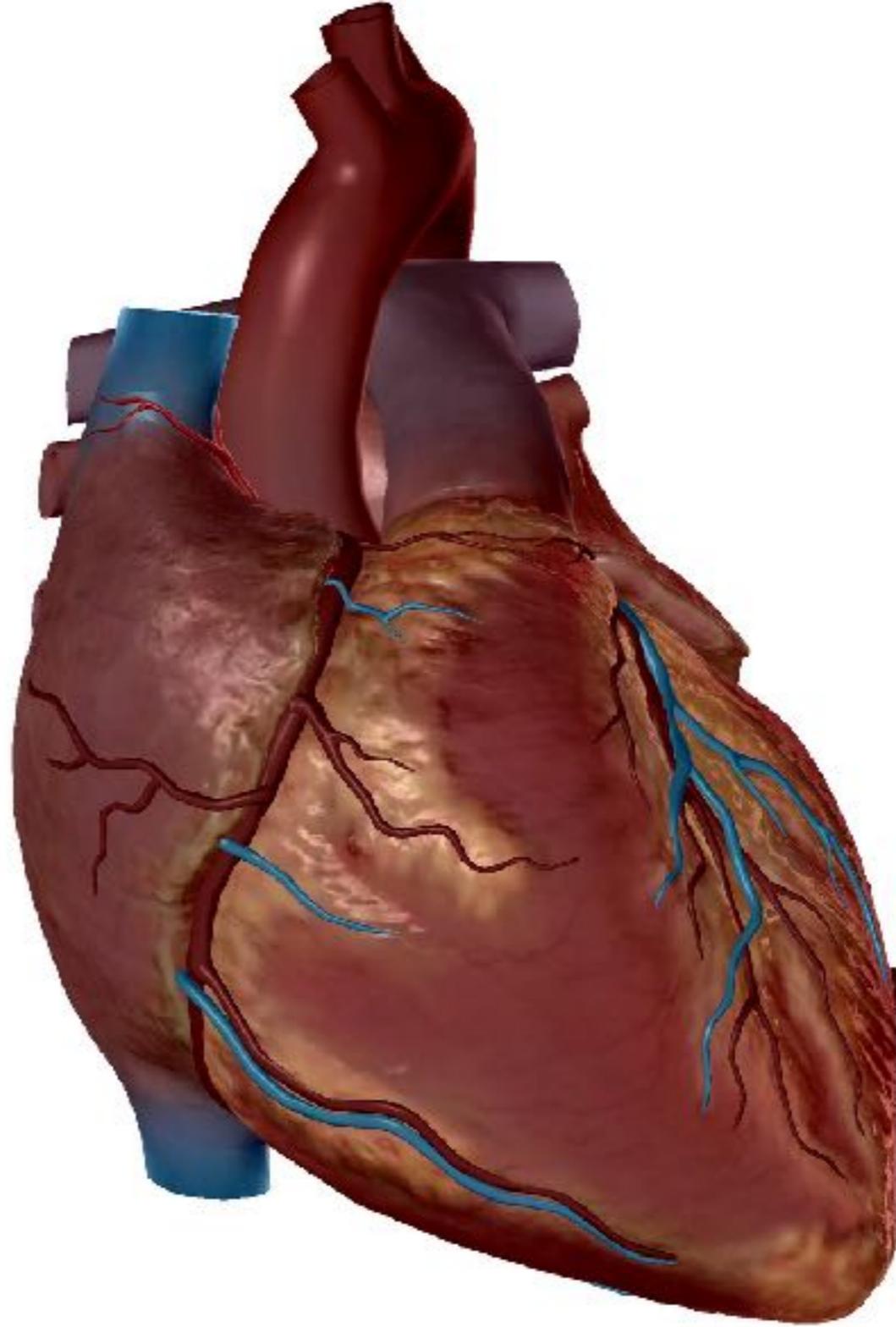


LES EFFETS DE LA  
PLONGÉE SUR LE SYSTÈME  
CARDIOVASCULAIRE.

- I) Le Coeur
- II) Les Vaisseaux
- III) Le sang
- IV) La Circulation Sanguine
- V) Le FOP
- VI) Déshydratation et plongée

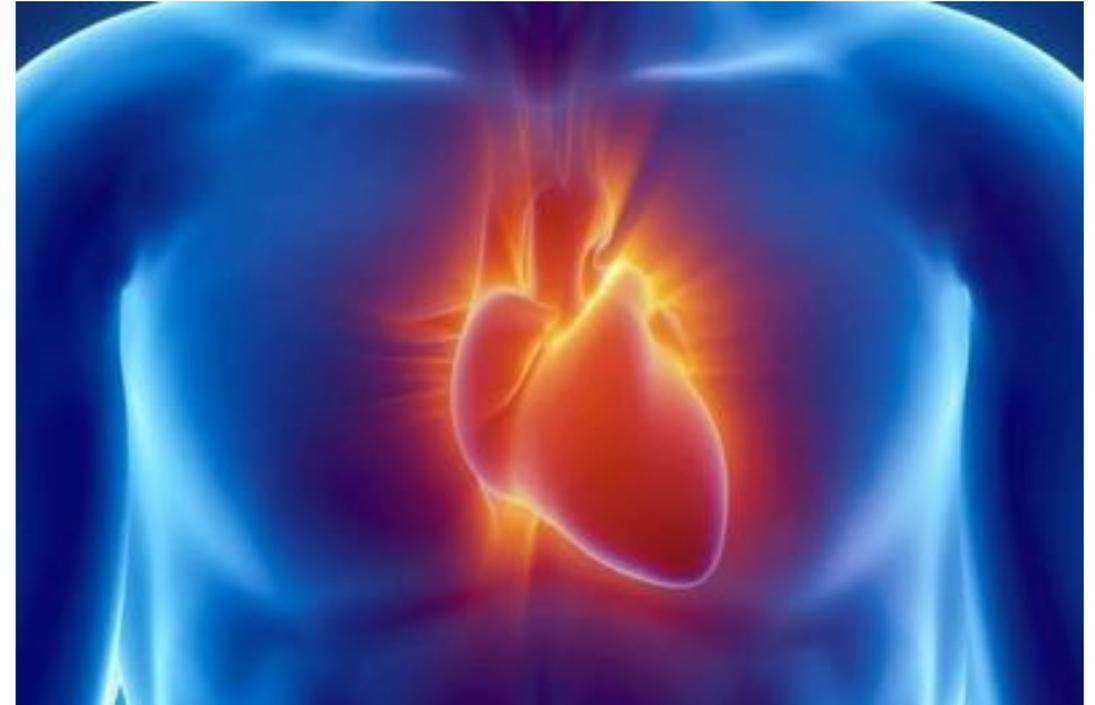
- I) Le Coeur
- II) Les Vaisseaux
- III) Le sang
- IV) La Circulation Sanguine
- V) Le FOP
- VI) Déshydratation et plongée

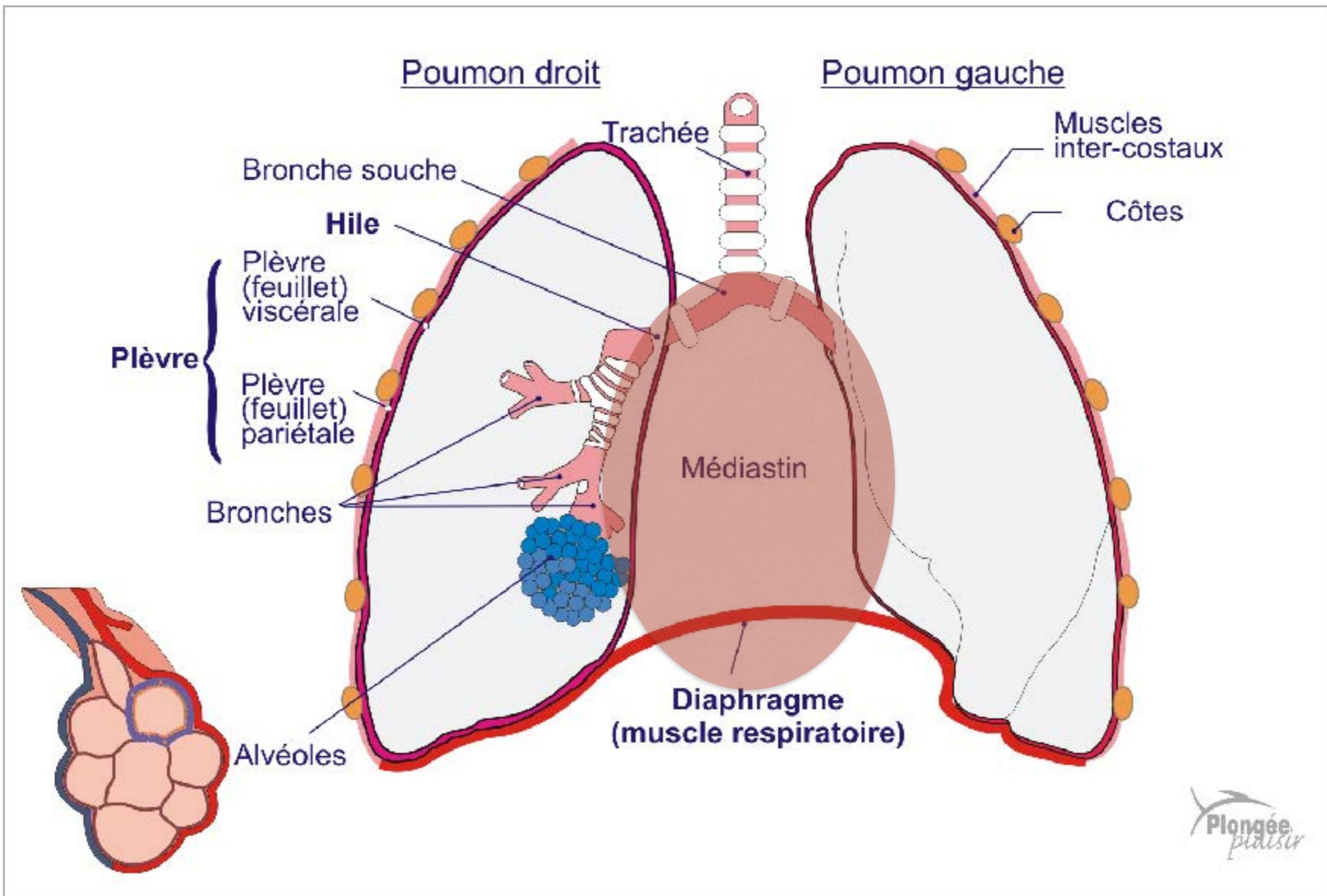
# I) Le Coeur

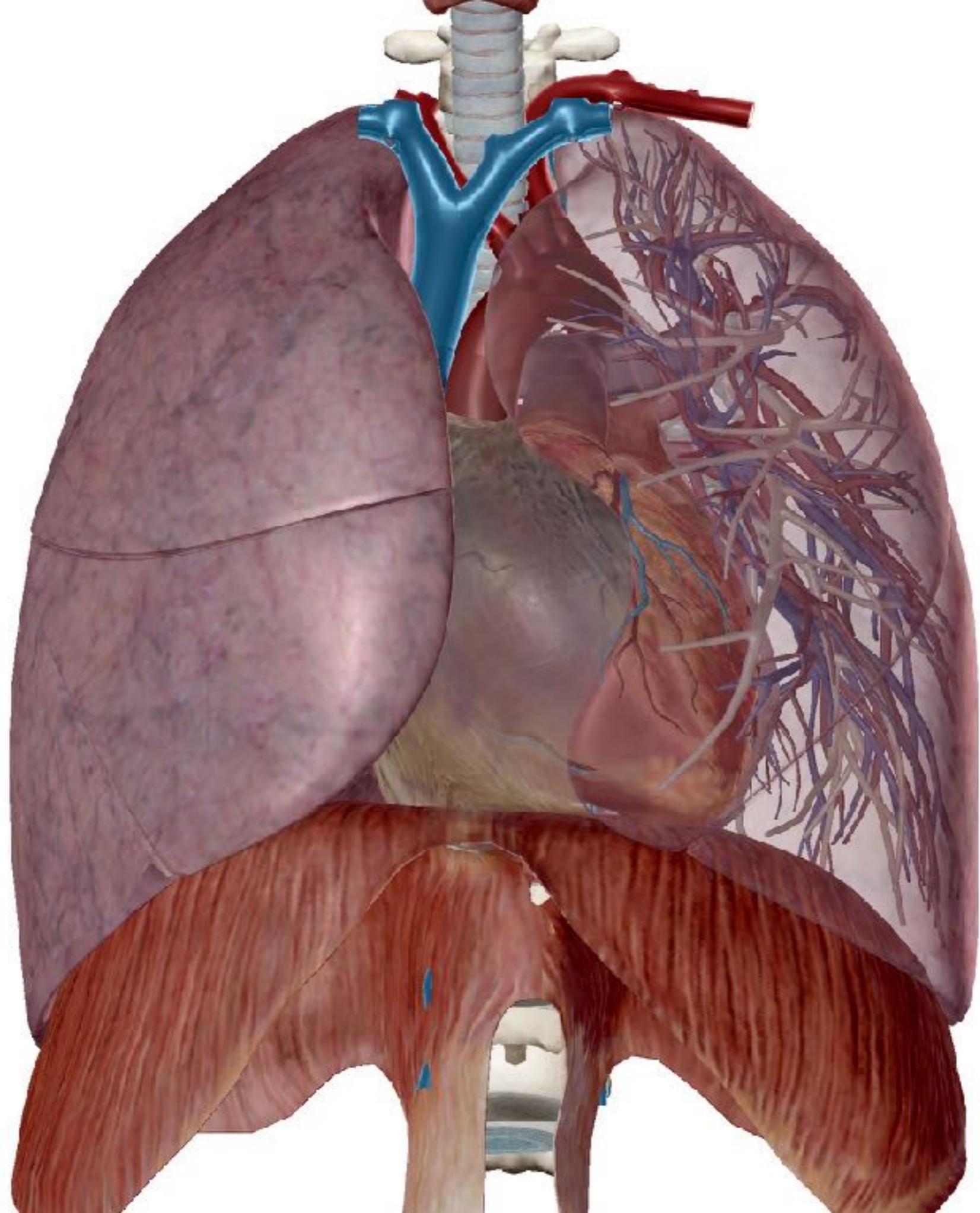


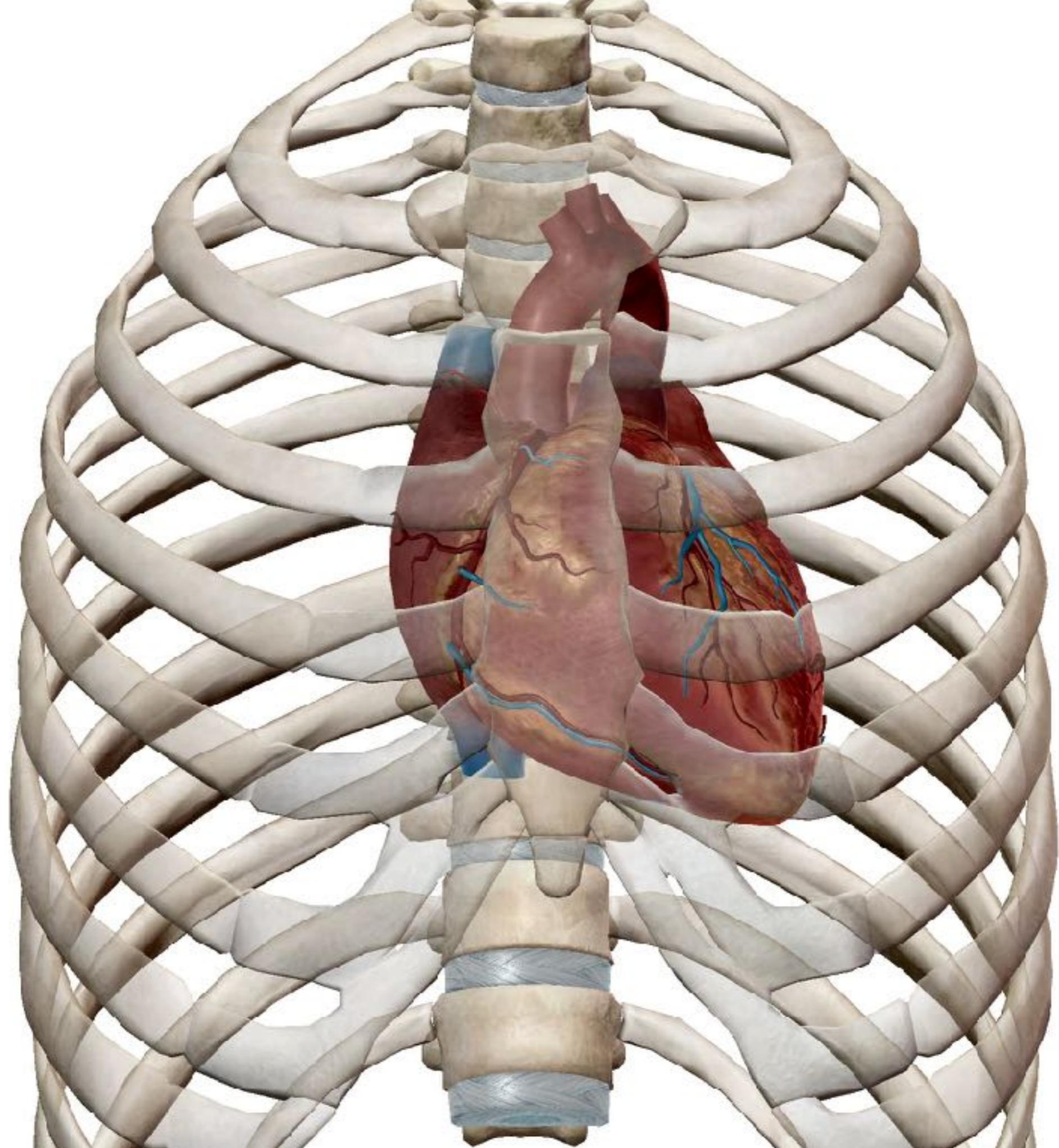
# Description

- Son rôle est de faire circuler le sang dans les vaisseaux
- Il est orienté vers la gauche et vers l'avant.
- Il est situé dans le médiastin



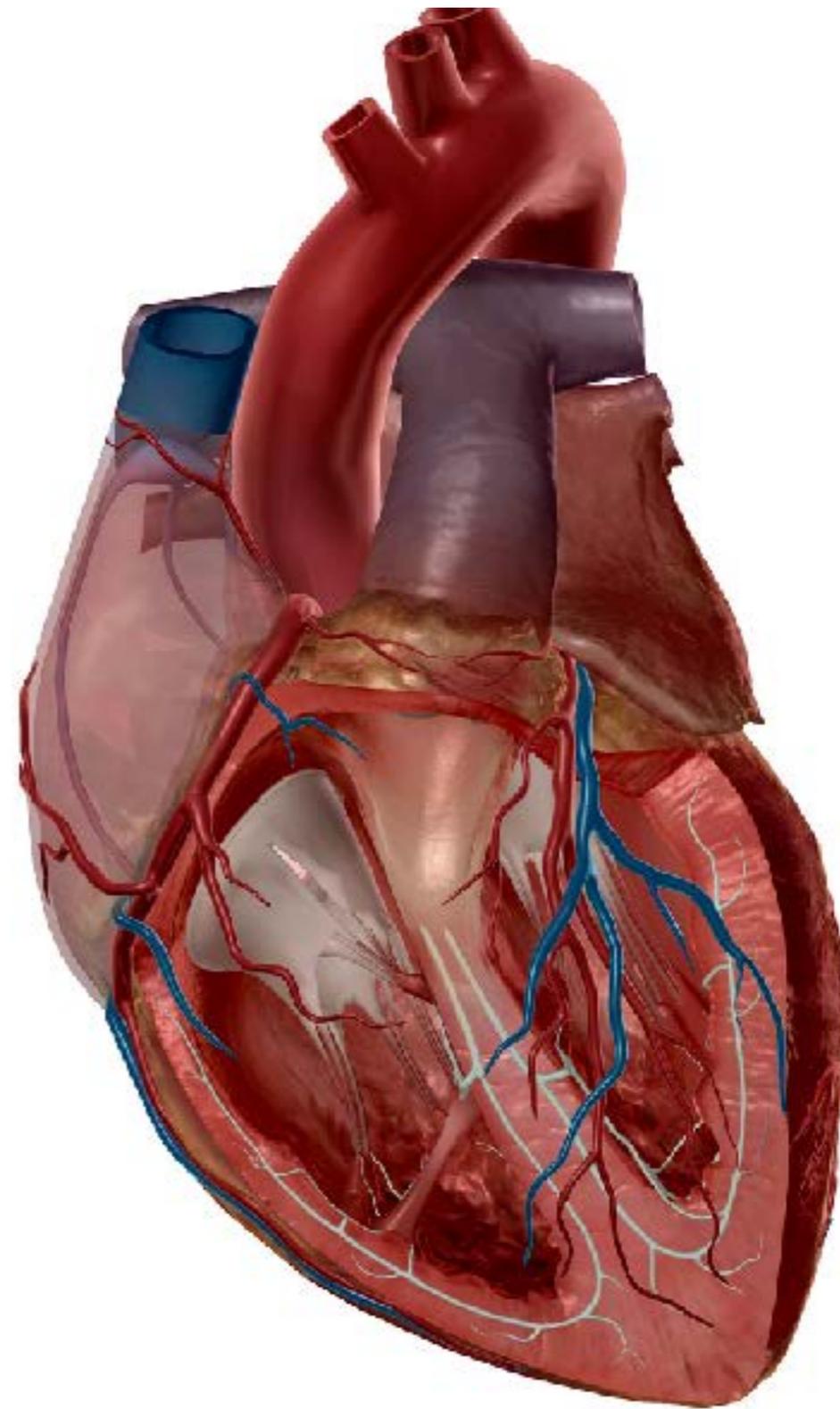




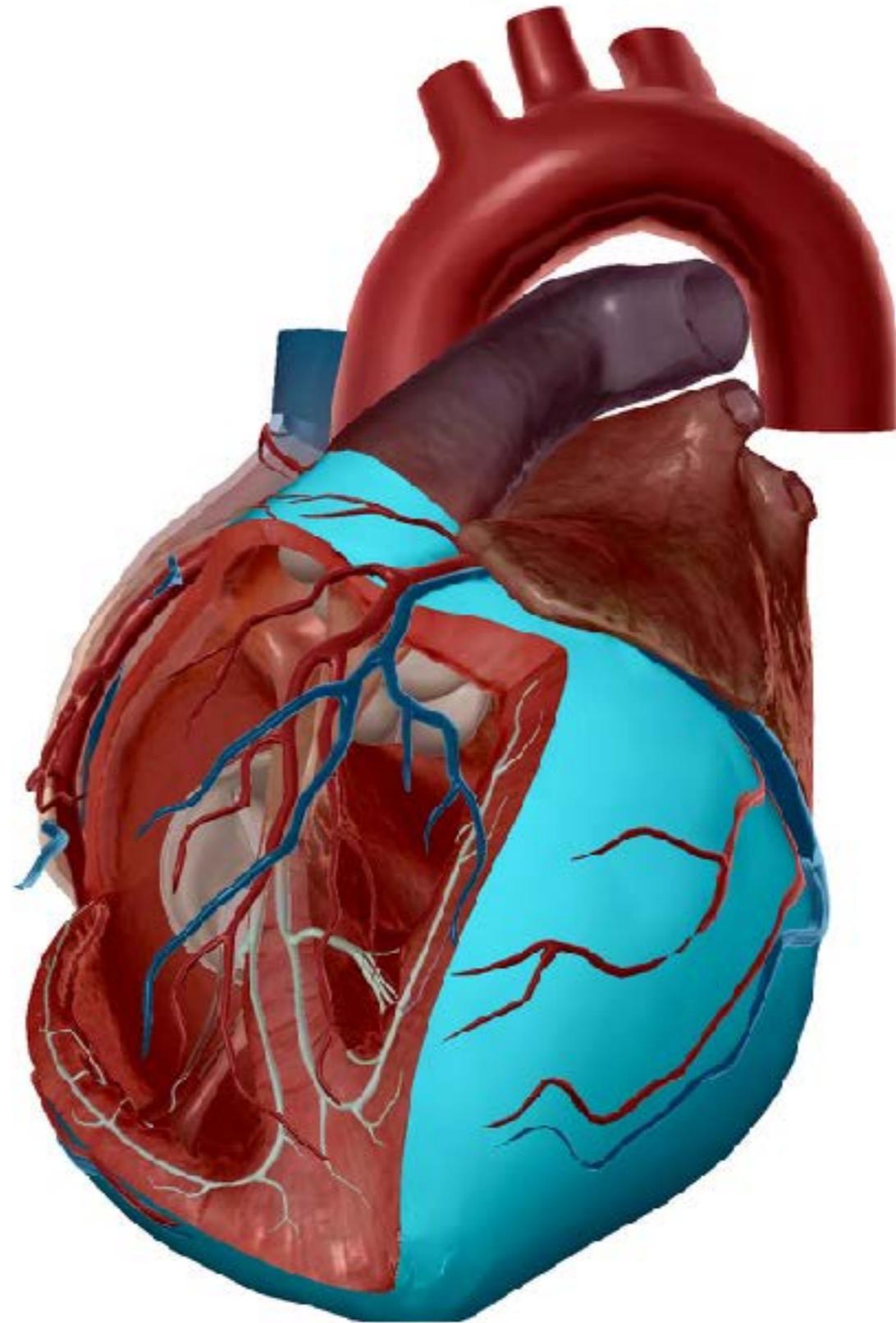


# Anatomie du coeur

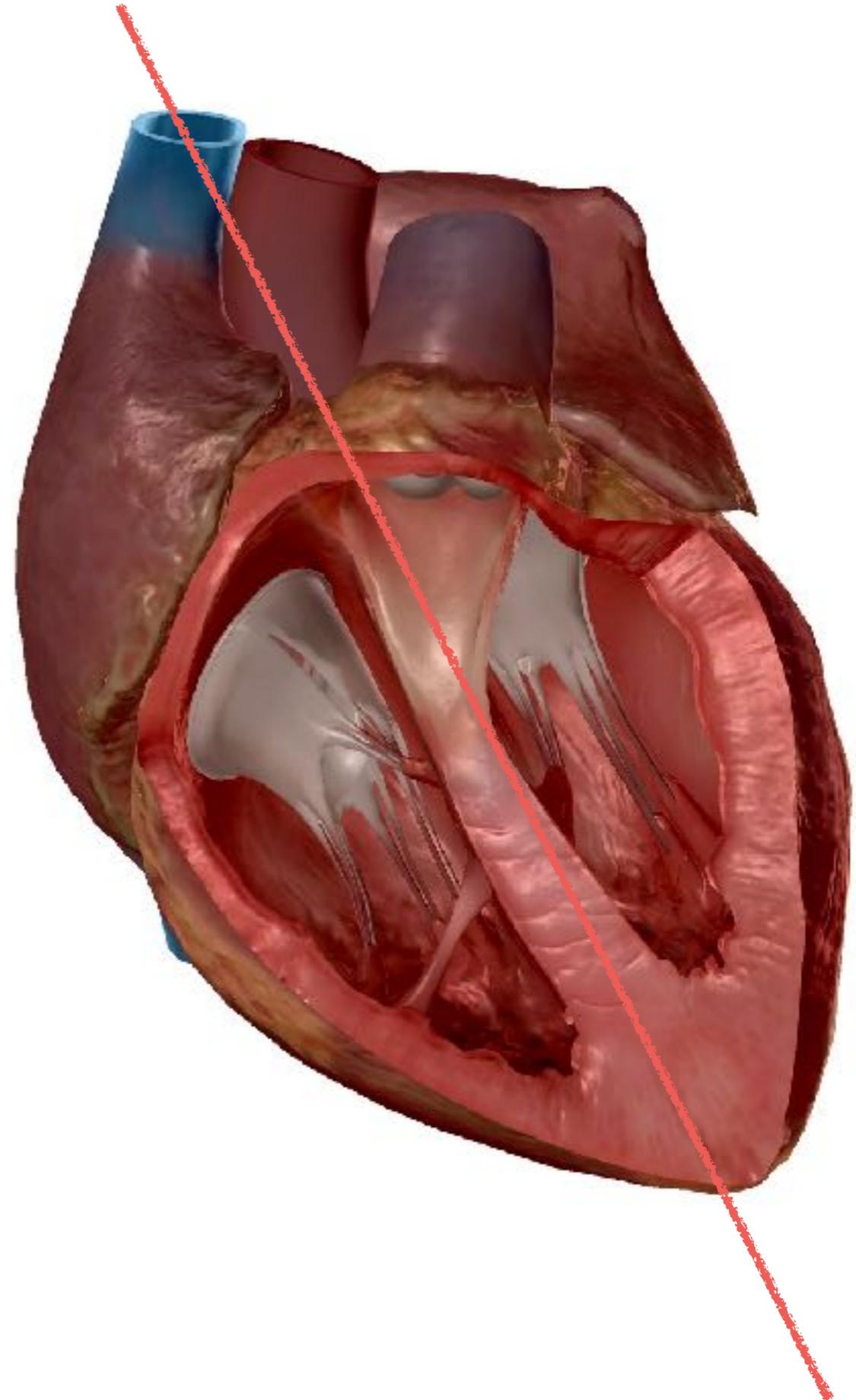
- C'est un muscle creux gros comme le poing qui pèse environ 300g



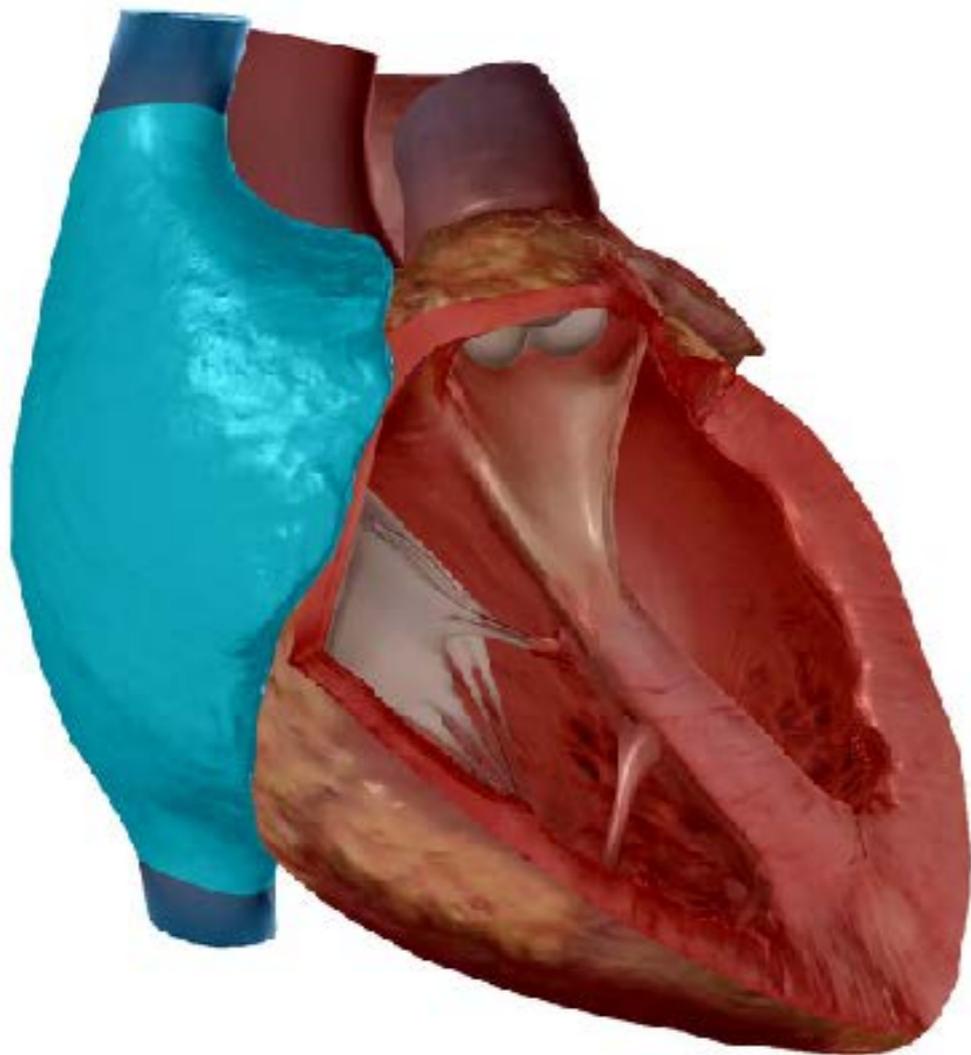
- Le coeur est entouré d'une tunique fibreuse: le péricarde



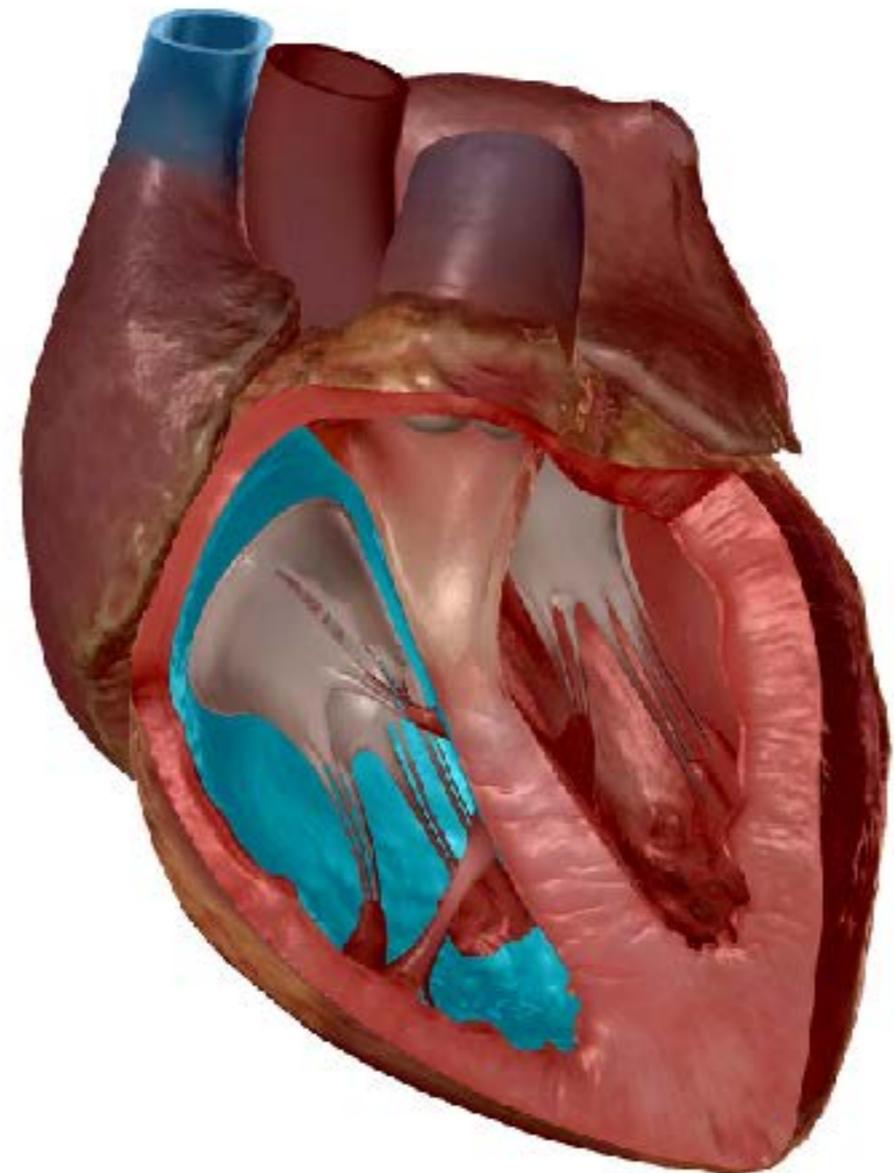
- Il est divisé par le septum en:
  - 1 coeur droit
  - 1 coeur gauche



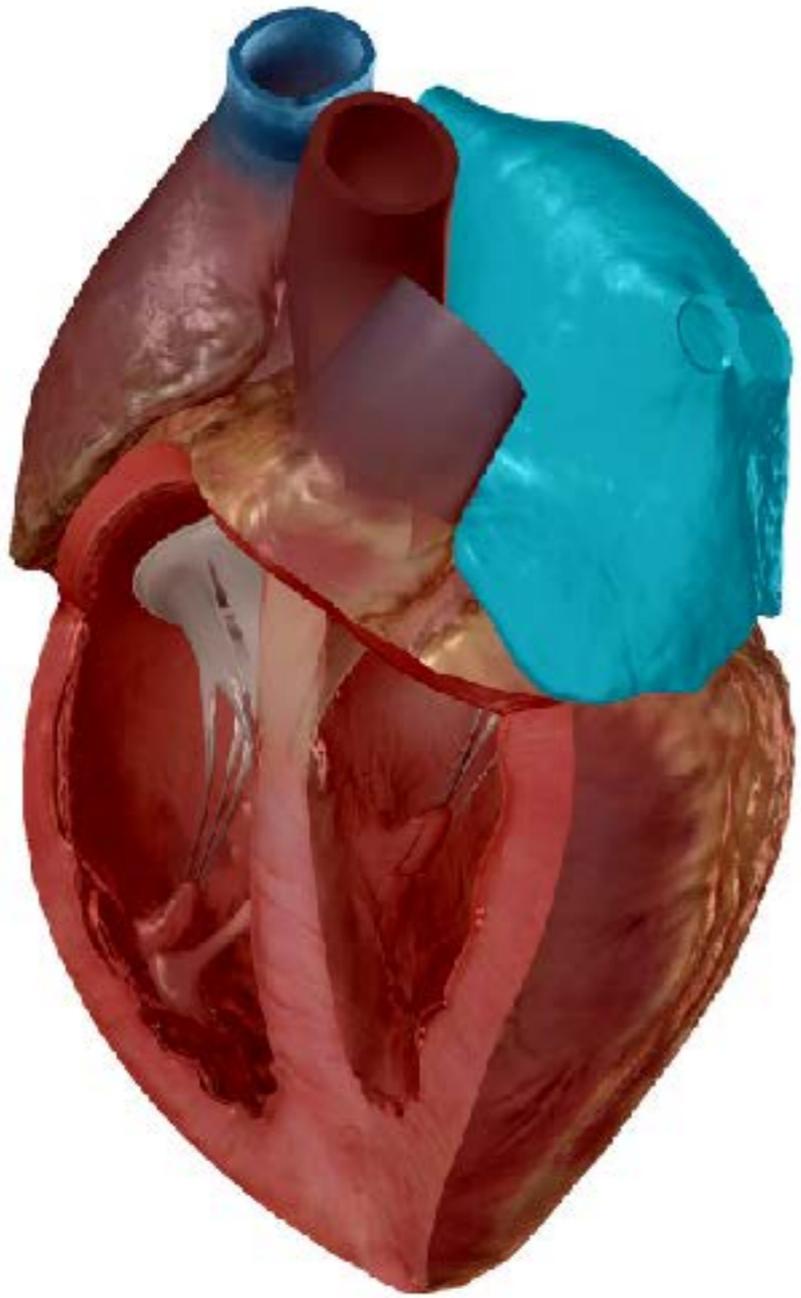
- Chaque coeur est divisé en deux cavités  
Une oreillette  
Un ventricule



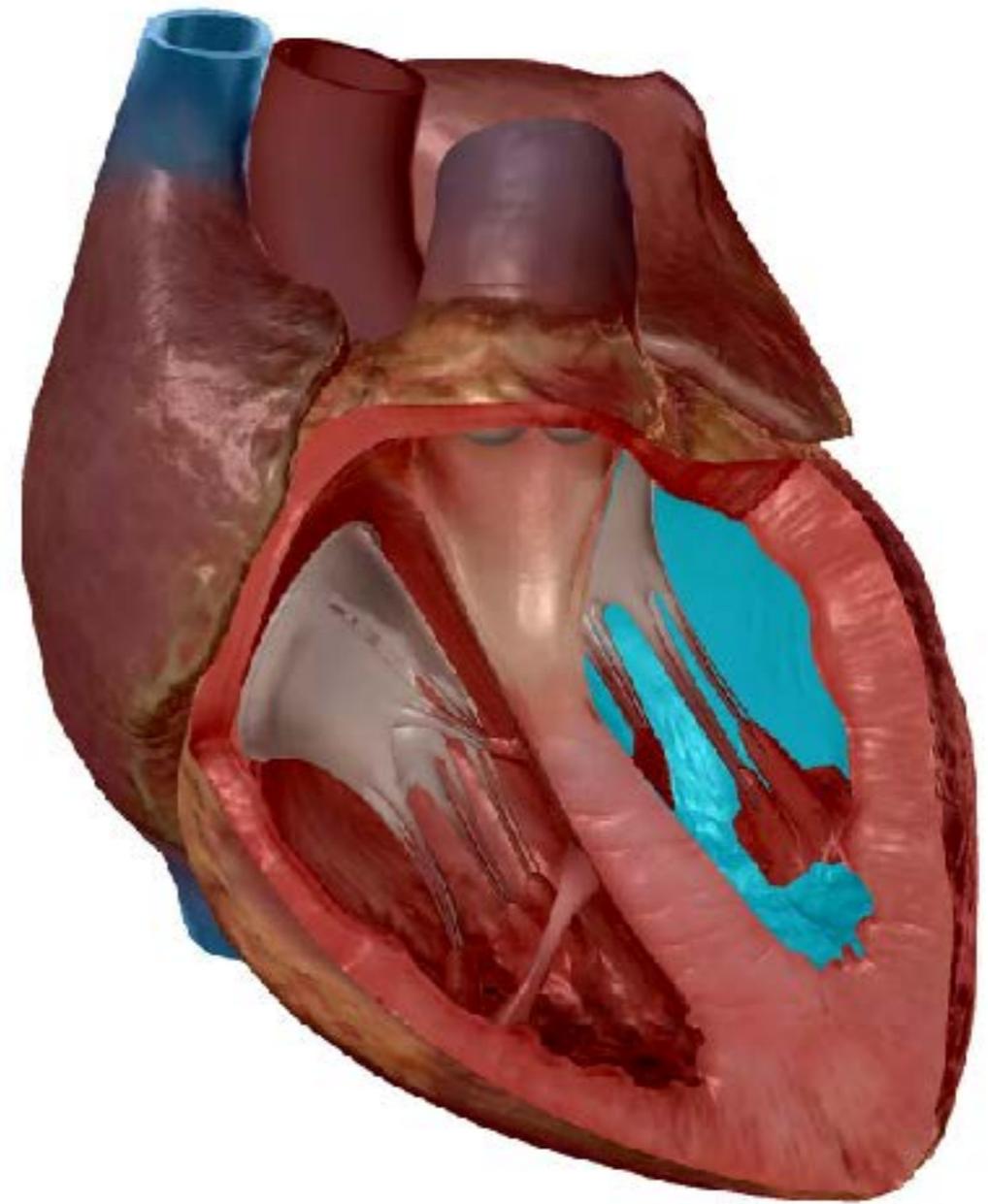
Oreillette droite



Ventricule droit

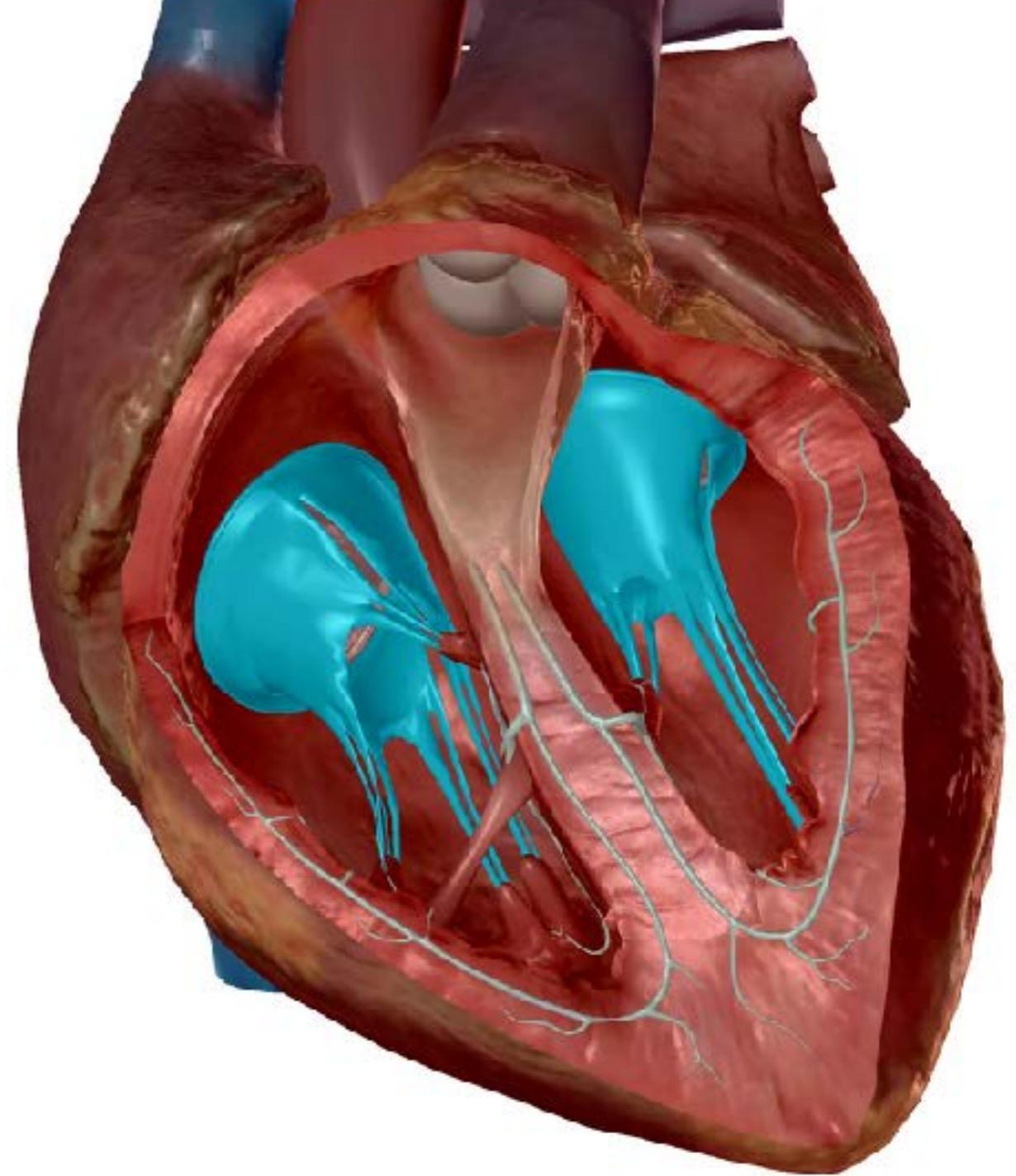


Oreillette gauche

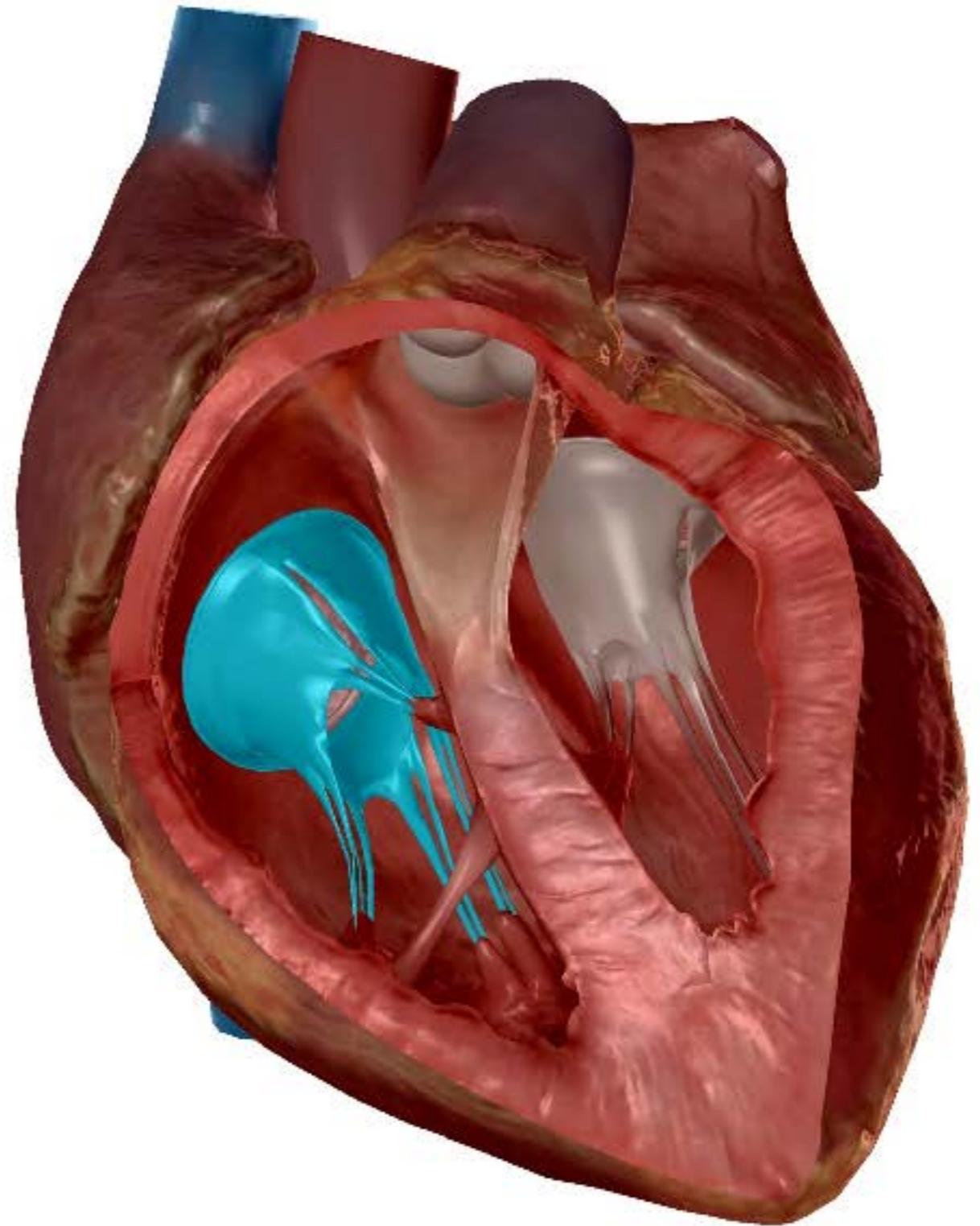


Ventricule gauche

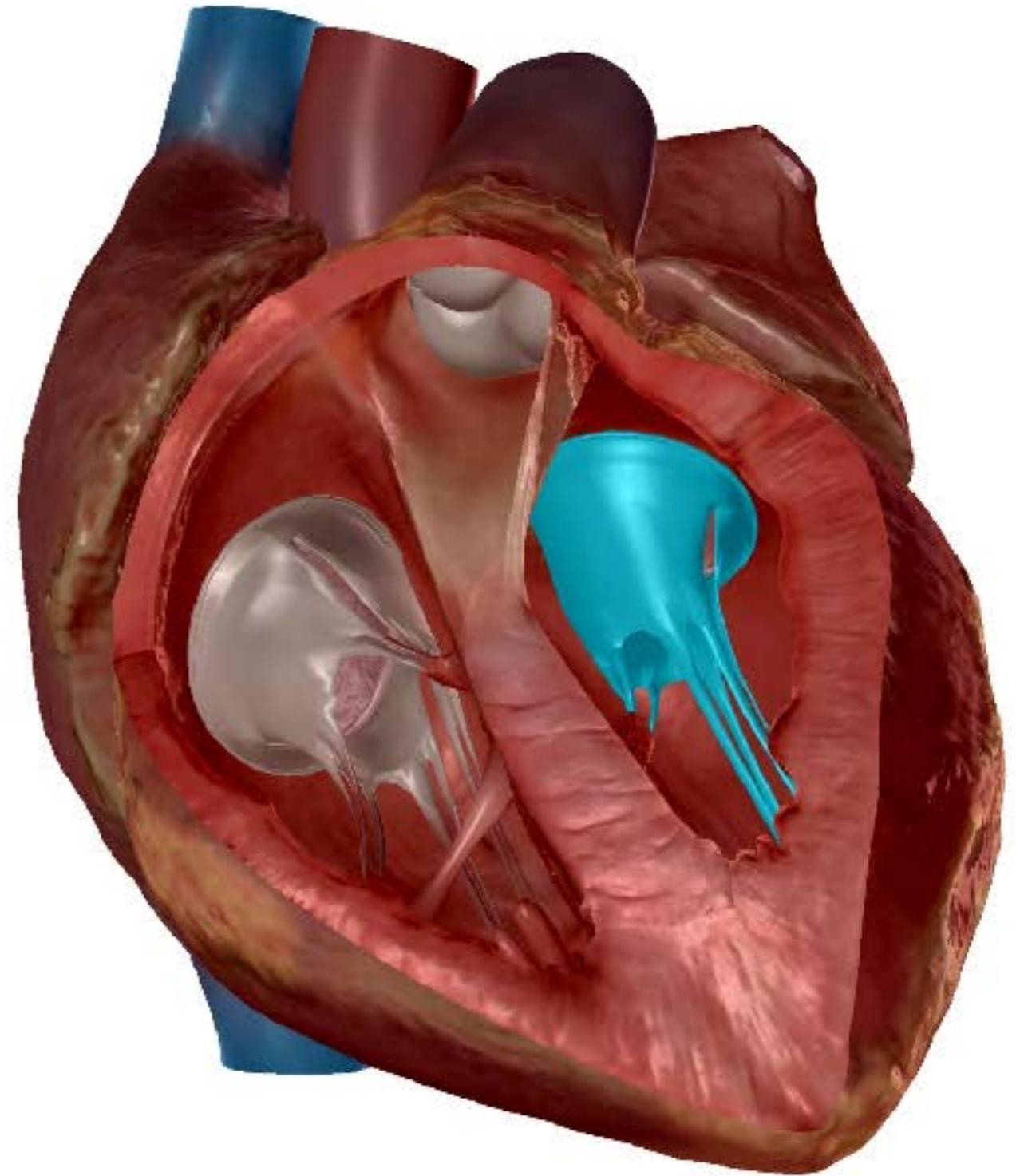
- Entre les oreillettes et les ventricules on trouve des « valves anti retour »: Les valvules



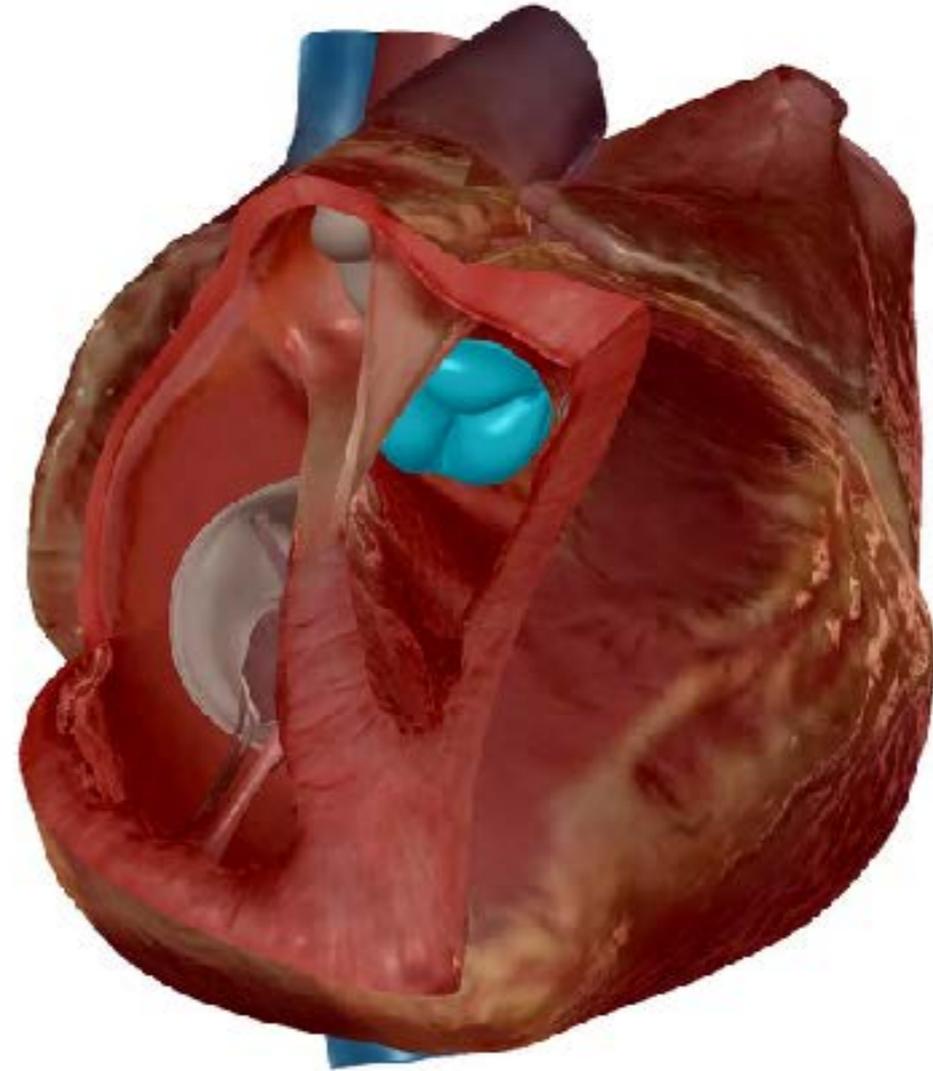
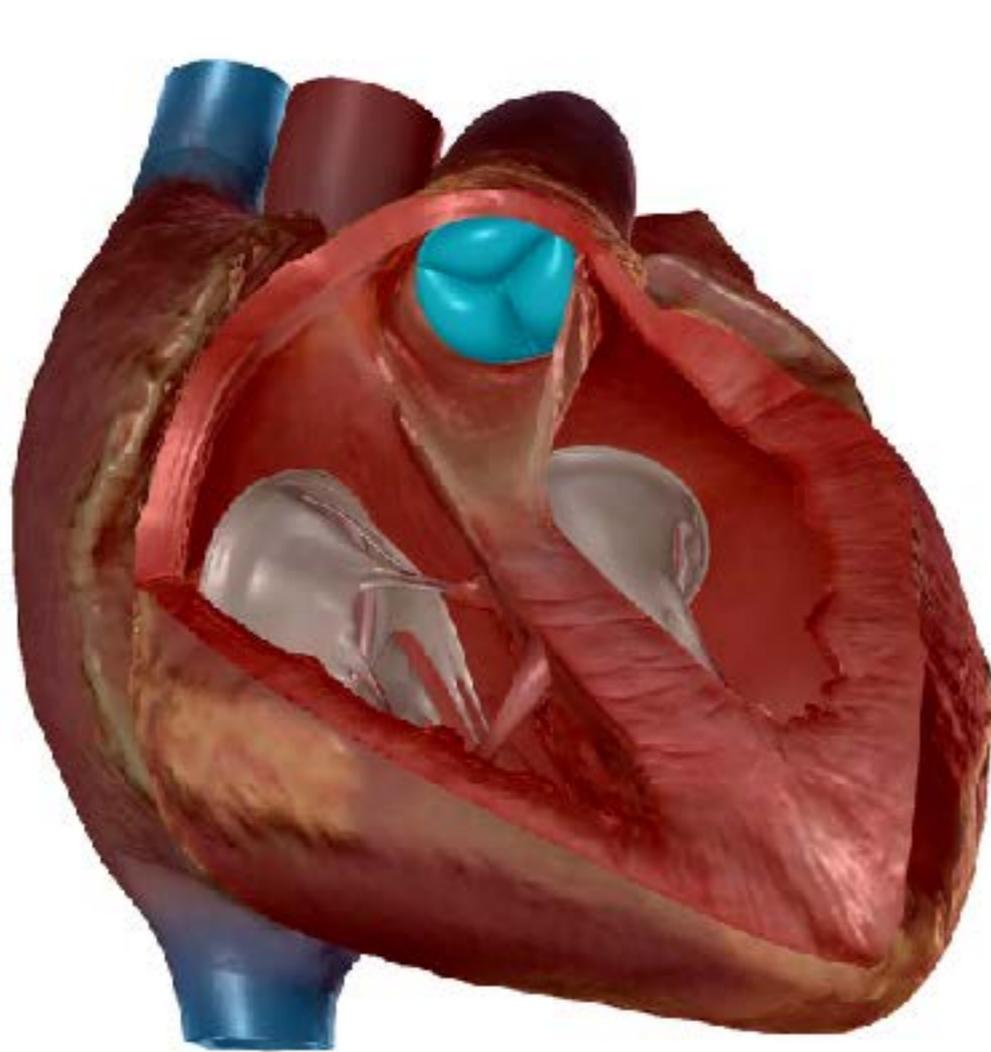
- Tricuspide à droite  
(3 lamelles)



- Bicuspide ou mitrale à gauche (deux lamelles)

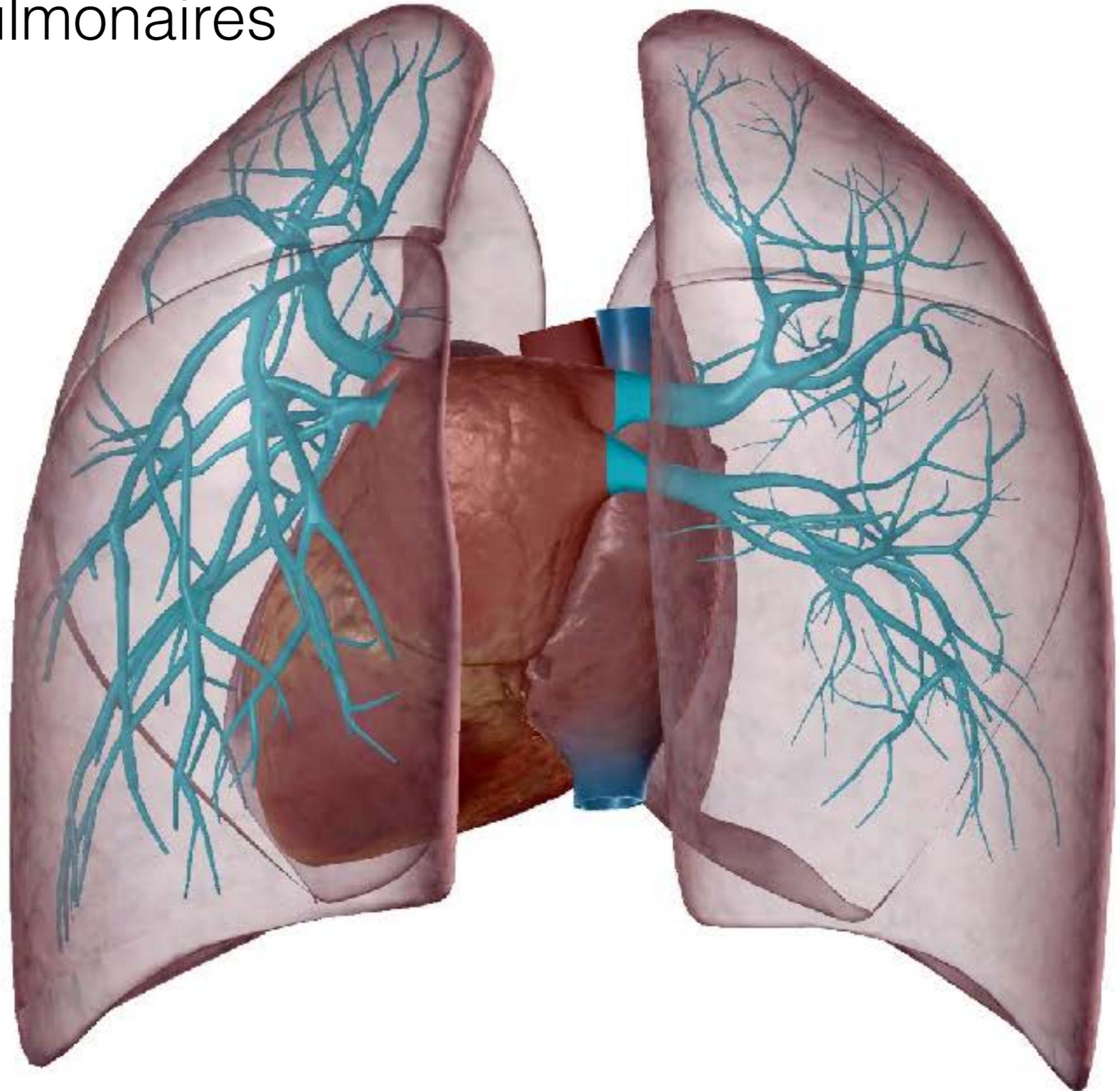


- Entre les ventricules et les artères on retrouve aussi des « valves anti retour »:  
La valve pulmonaire  
La valve aortique

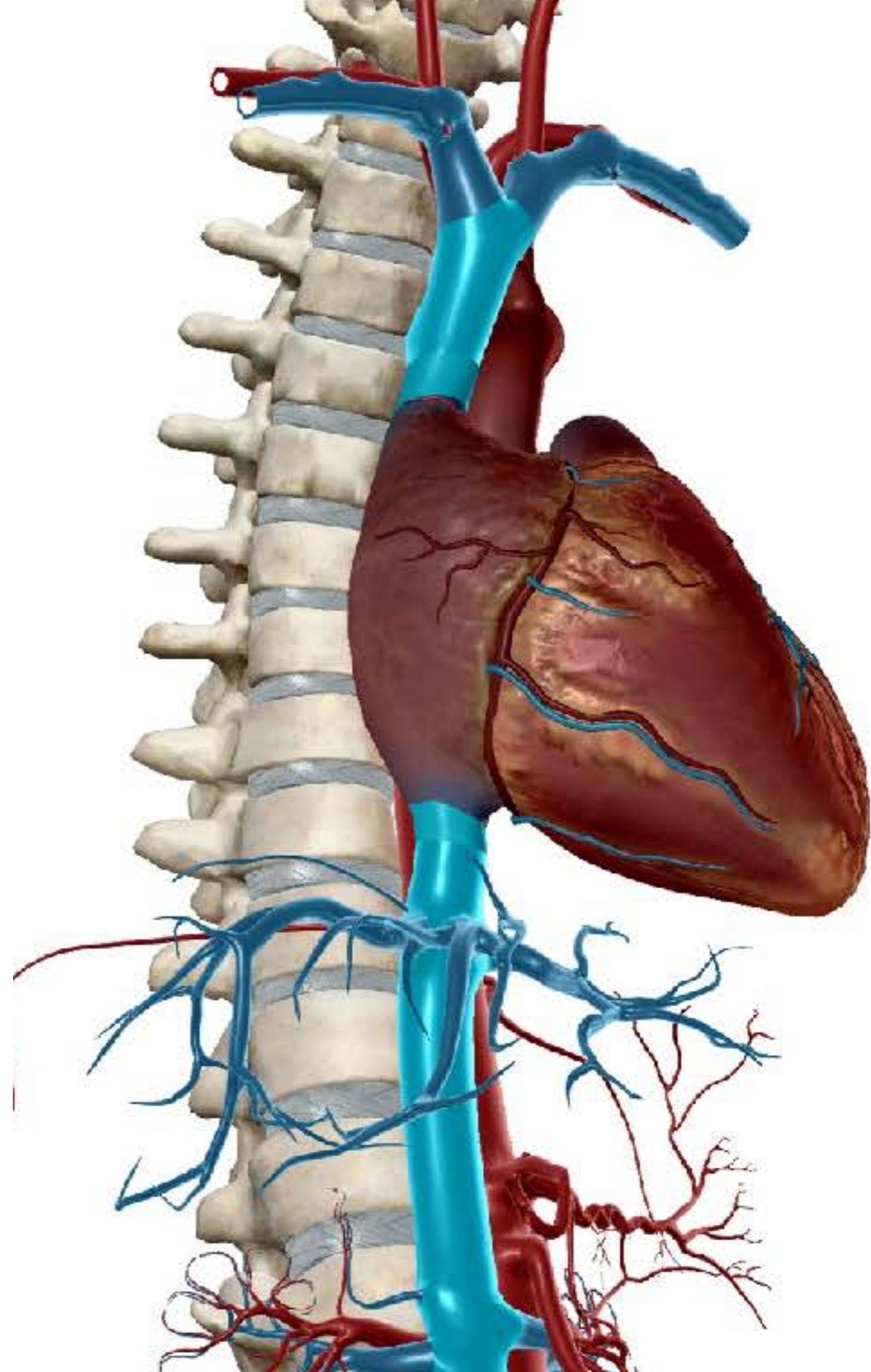


- **Le sang revient toujours au coeur par des veines qui débouchent dans les oreillettes.**
- **Il est expulsé du coeur par les ventricules dans des artères.**

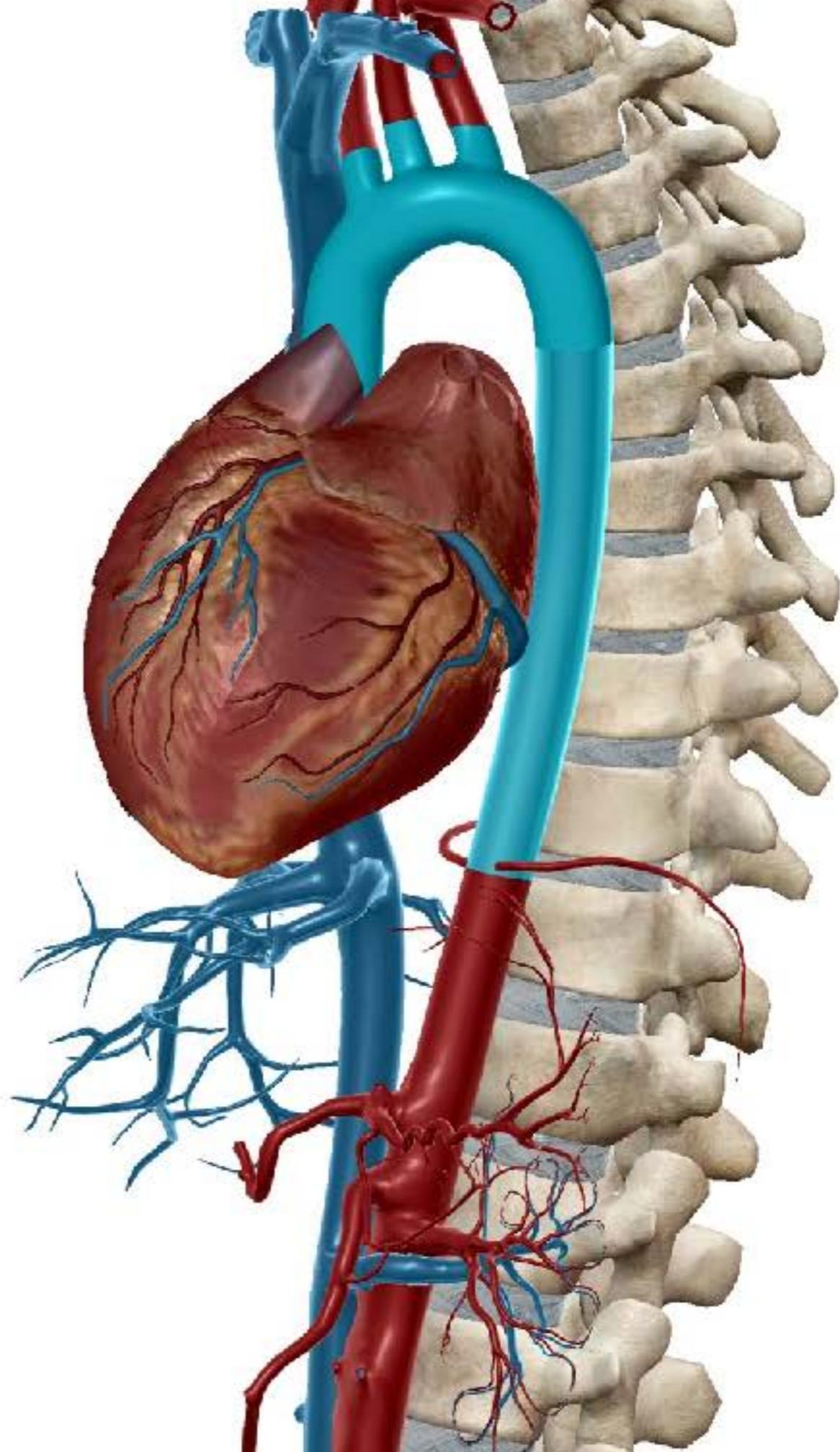
- Le sang revient dans l'oreillette gauche par 4 veines pulmonaires



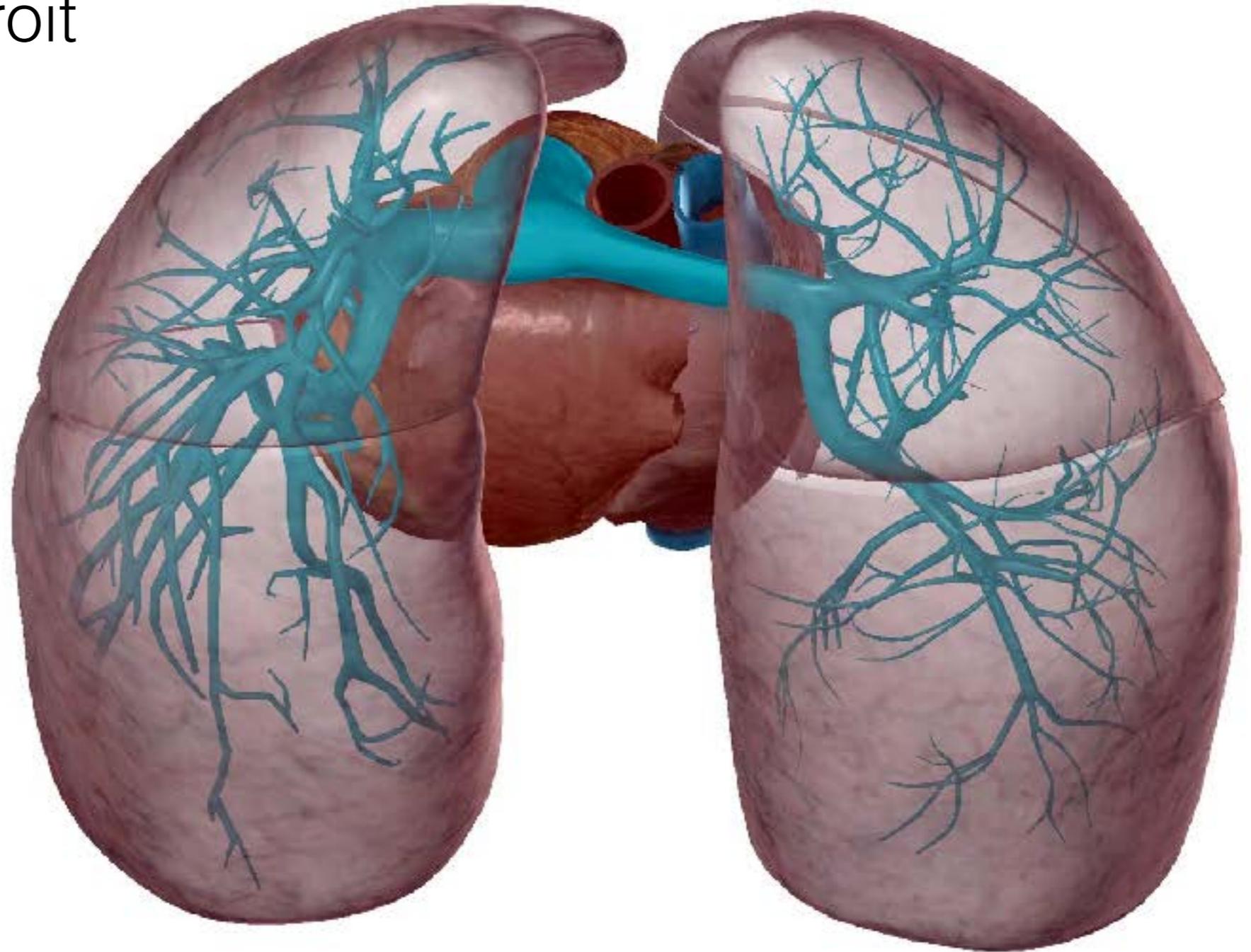
- Et à l'oreillette droite par 2 veines caves (supérieure et inférieure)



- Le sang est propulsé par le ventricule gauche dans l'aorte

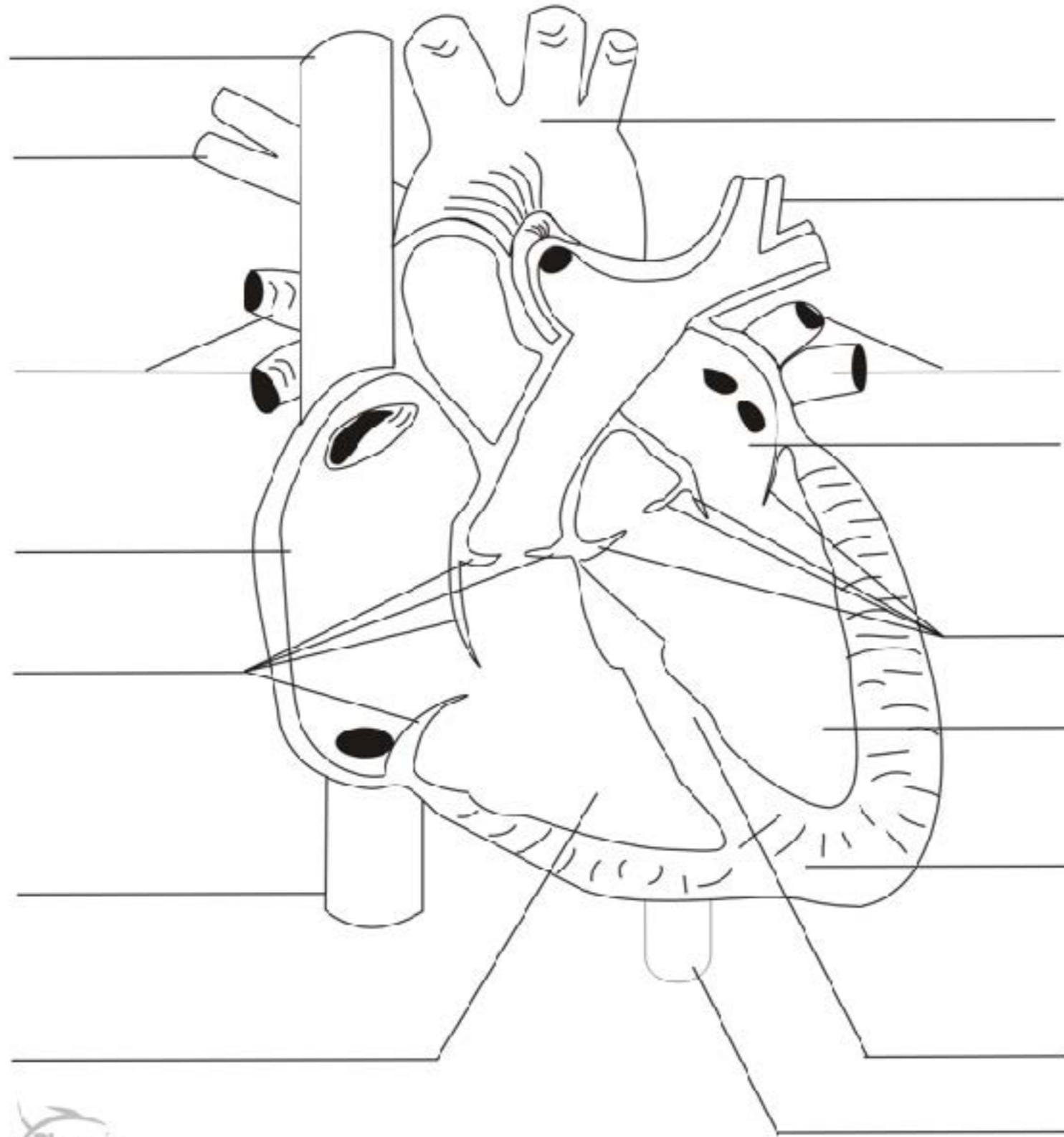


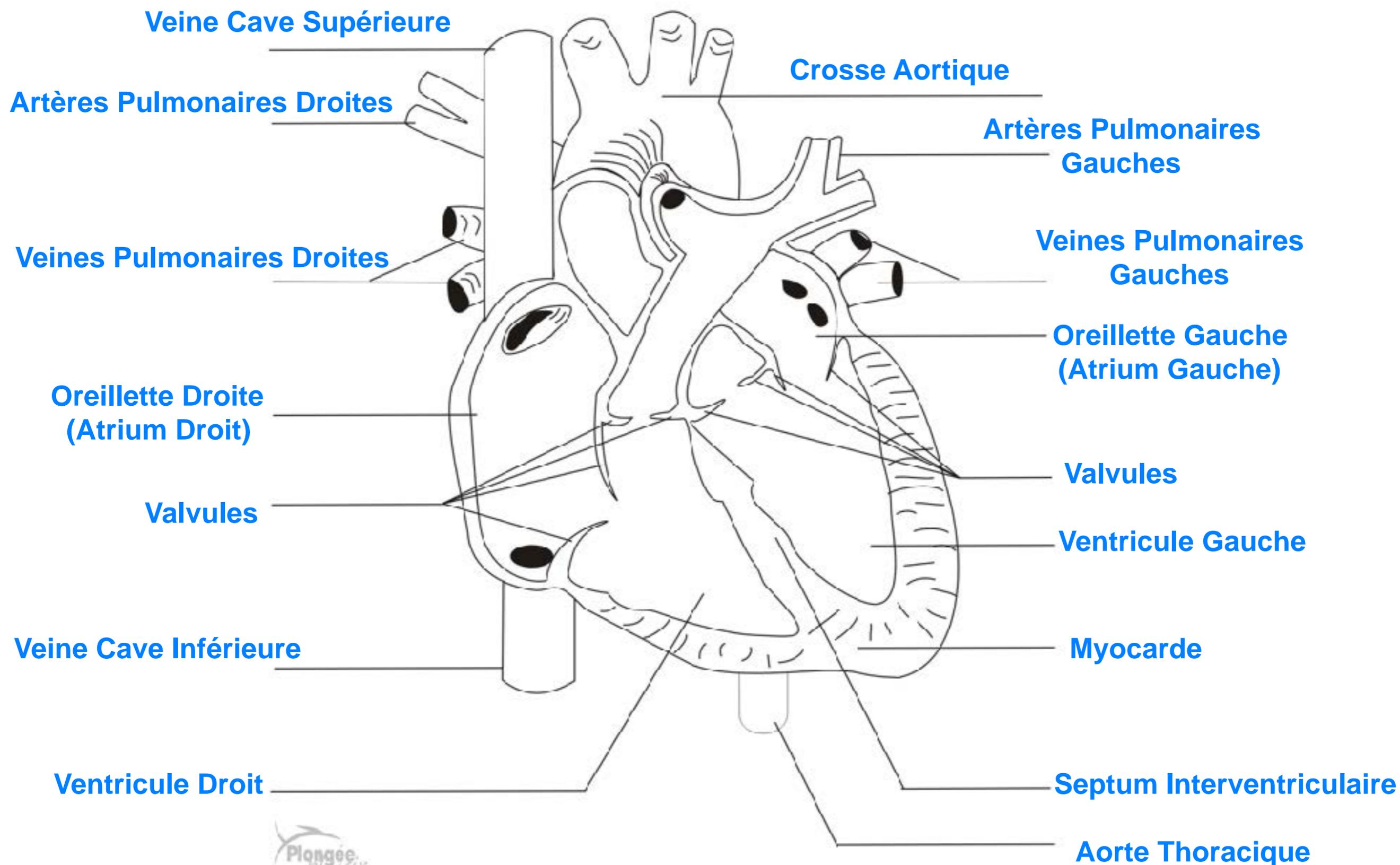
- Et par le ventricule droit dans les artères pulmonaires



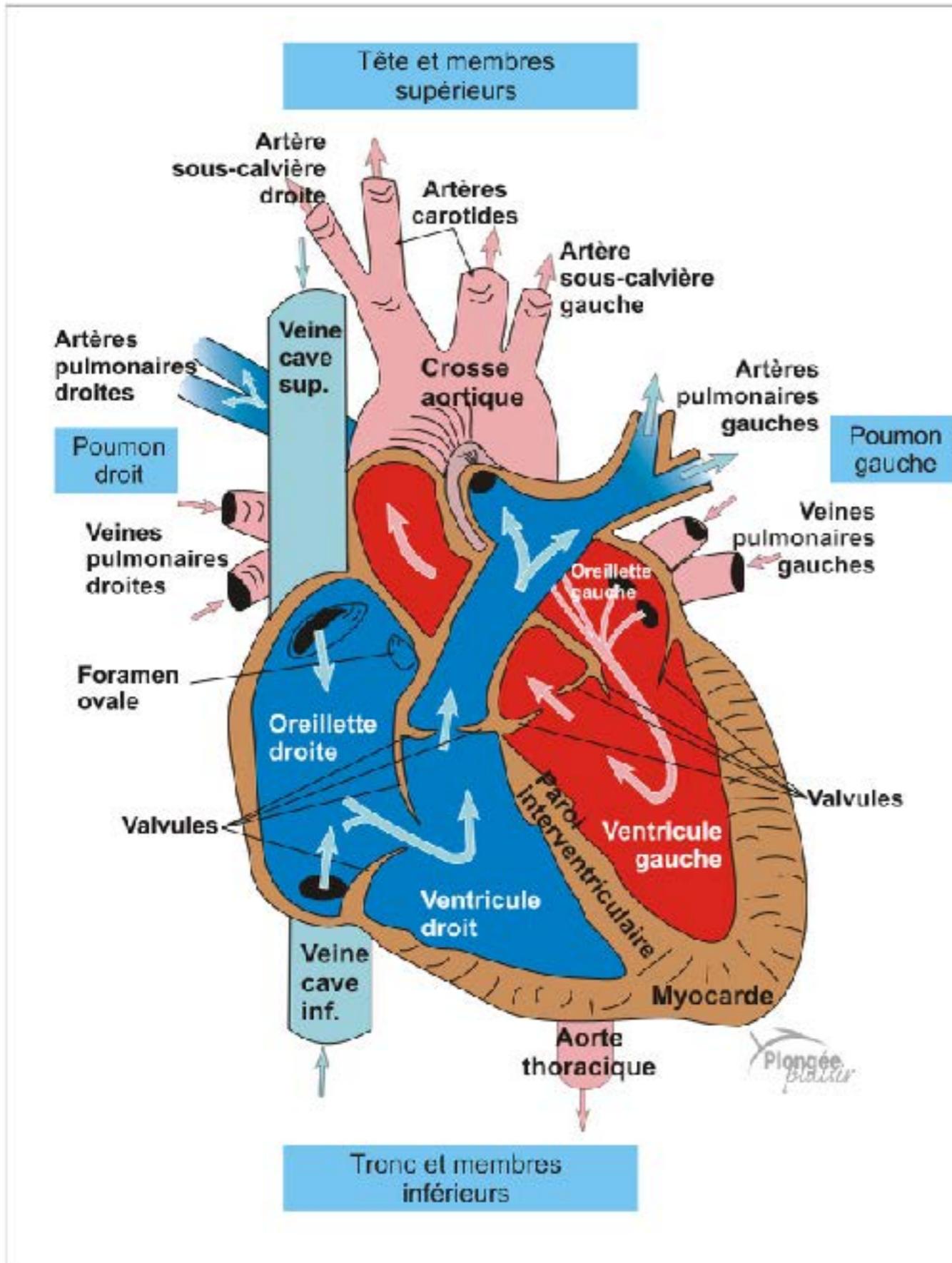
Avez vous suivi ?

A vous de jouer





● Trajet du sang (sens unique physiologique):



Oreillette droite  
Ventricule droit  
Artères pulmonaires  
Capillaires pulmonaires  
Veines pulmonaires  
Oreillette gauche  
Ventricule gauche  
Aorte  
Tissus, organes  
Veine cave

# Fonctionnement du coeur

- 1 Cycle cardiaque s'étend d'une contraction à la suivante:  
C'est une alternance de contractions (systoles) et de relâchements (diastoles).
- On distingue 3 étapes:
  - Les systoles auriculaires puis ventriculaires
  - La diastole



Diastole  
début



Diastole  
fin



Systole  
auriculaire



Systole  
ventriculaire  
début



Systole  
ventriculaire  
fin

**Le coeur n'est jamais vide**

- Fréquence cardiaque:  
nombre de cycles par minute (Systole+Diastole)
- Au repos elle est d'environ 70 battements par minute.
- En cas de stress, effort, froid ... elle s'accroît (sous l'action du système nerveux végétatif et du système hormonal) ce qui augmente la quantité de sang et donc d'oxygène transmis aux organes (et d'azote en plongée).

- La fréquence cardiaque a une incidence sur le débit cardiaque.



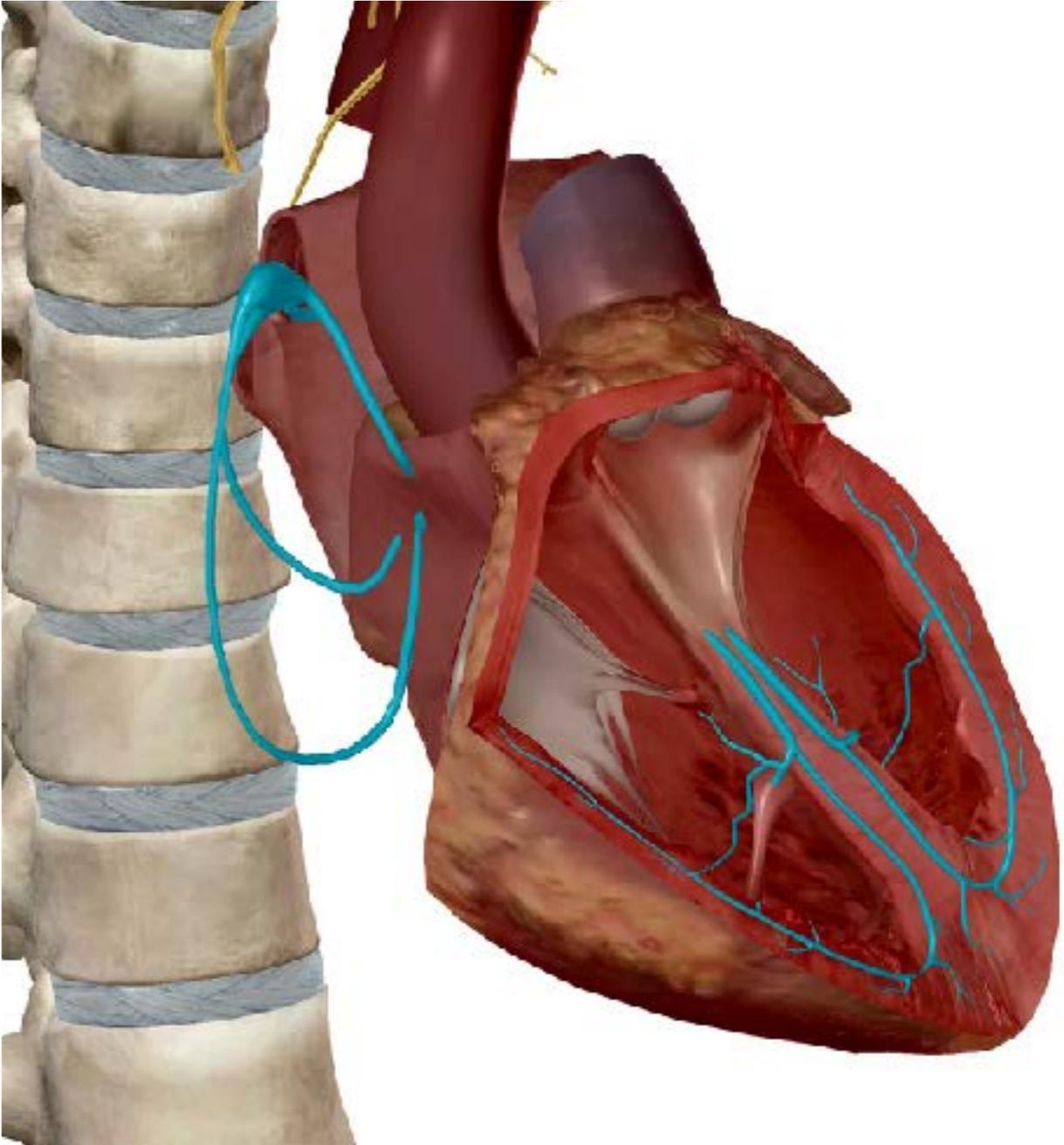
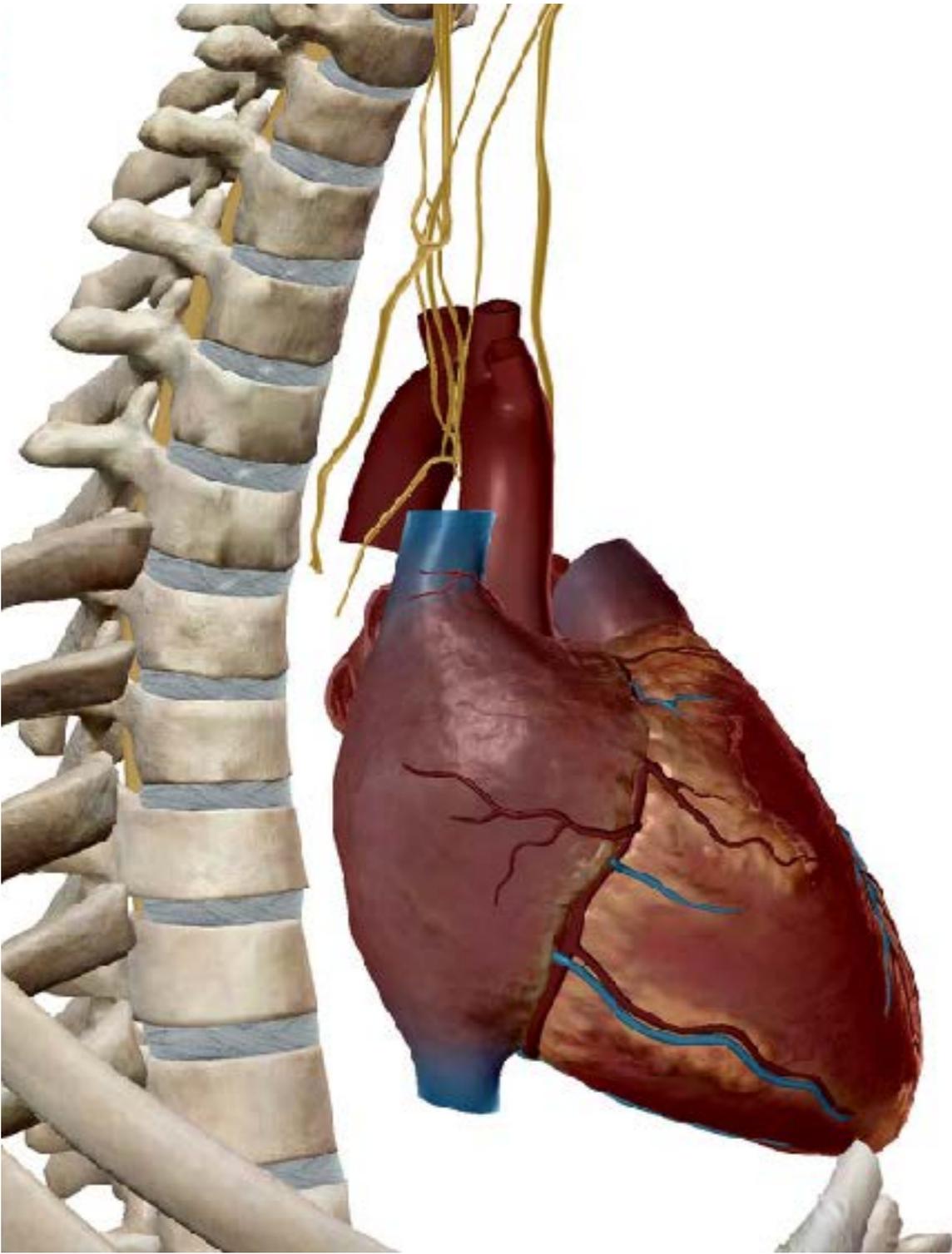
$$DC = FC \times VES$$

- De l'ordre de  $5\text{l/mn}$  au repos, il peut monter jusqu'à  $25$  à  $30\text{l/mn}$  si la fréquence cardiaque augmente (cela a une incidence sur la quantité d'azote dissous dans l'organisme. Il faut donc adapter la désaturation en cas d'effort, de froid, d'essoufflement.)

# L'automatisme cardiaque

- Le coeur a un fonctionnement autonome, non volontaire.
- Il peut battre en dehors du corps. La contraction est donc automatique.
- Cet automatisme est provoqué par un tissu particulier: le tissu nodal.
- Il induit une fréquence cardiaque spontanée de 110 battements par minute.
- Son action est régulée par les systèmes nerveux sympathique et parasympathique.
- Le tonus parasympathique est prédominant.

Tissus Nodal



# Accélération de la fréquence cardiaque

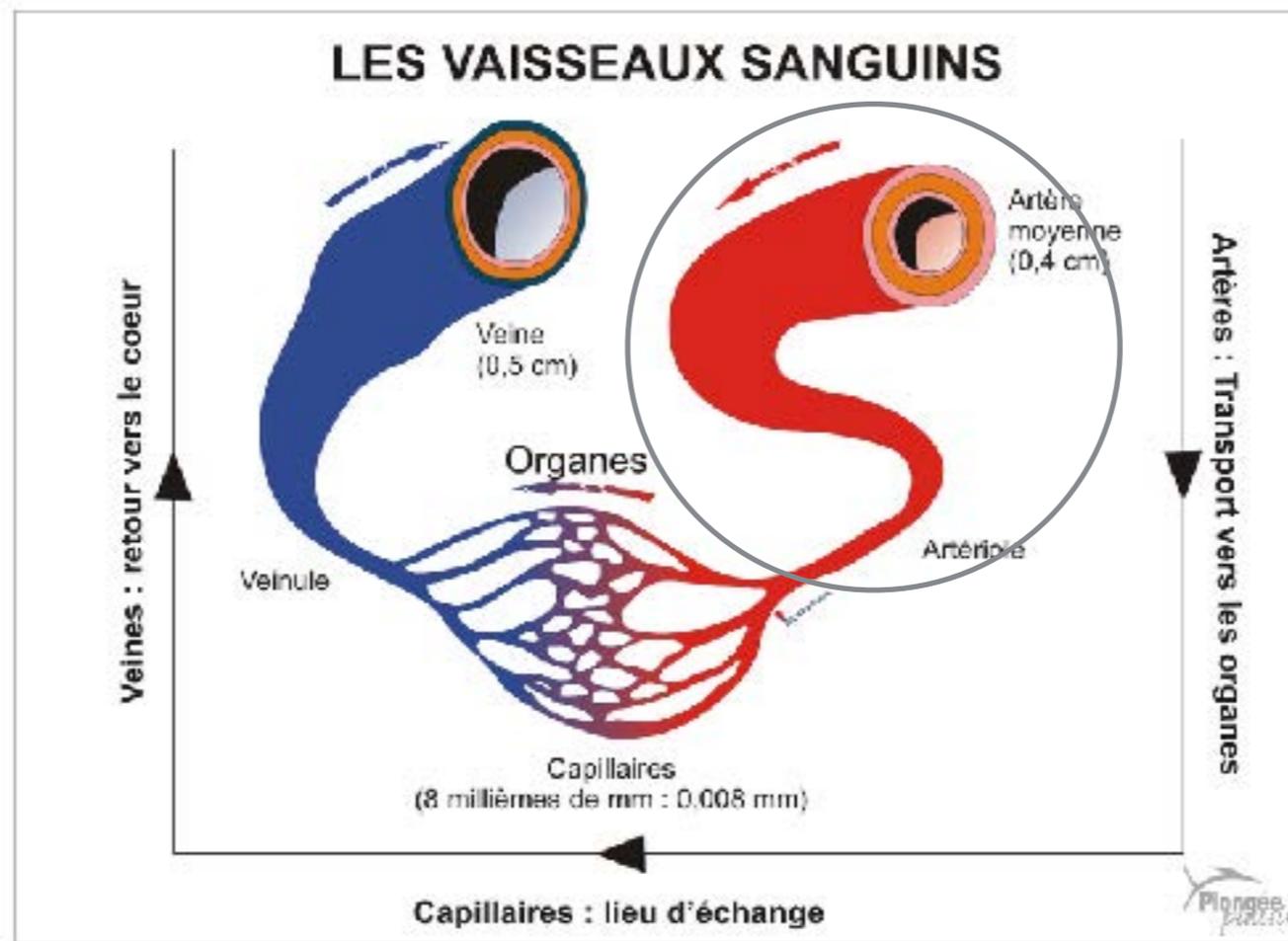
- Elle augmente en fonction des besoins
- Essentiellement au détriment de la diastole.
- Elle est régulée par les systèmes nerveux et endocriniens.
- Elle ne peut être contrôlée par la volonté.
- Elle est limitée à 220-âge (statistiquement)

- I) Le Coeur
- II) Les Vaisseaux
- III) Le sang
- IV) La Circulation Sanguine
- V) Le FOP
- VI) Déshydratation et plongée

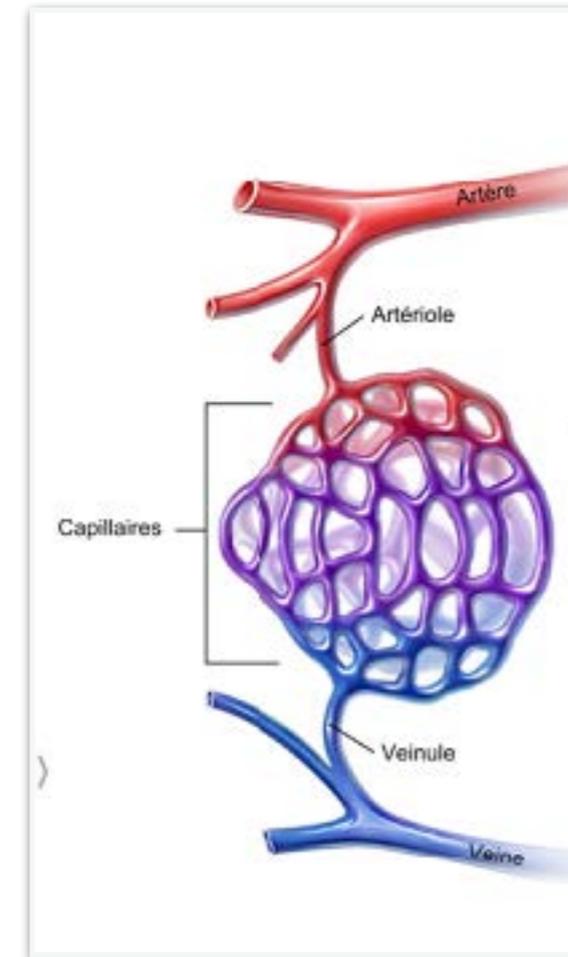
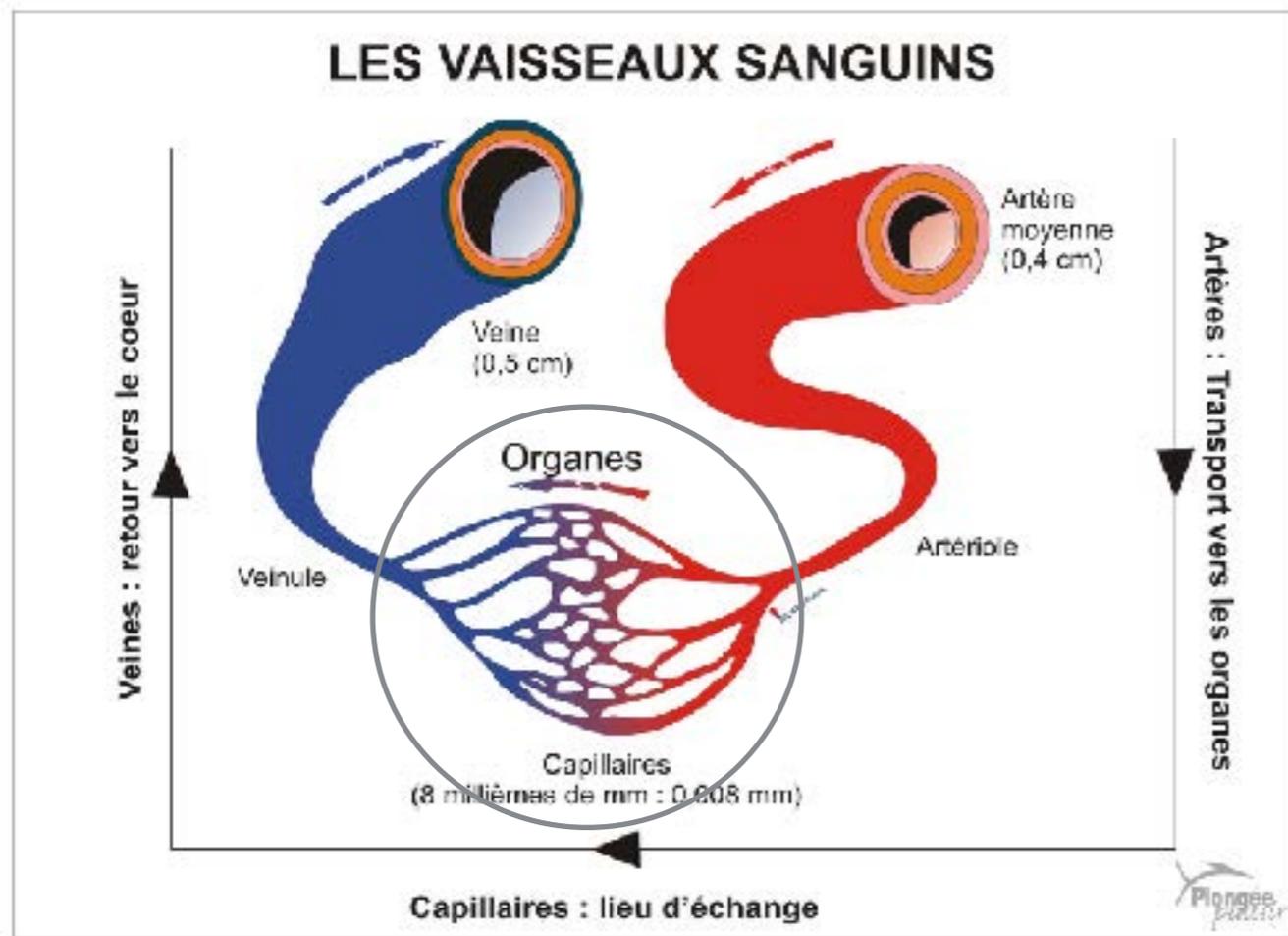
## II) Les Vaisseaux Sanguins



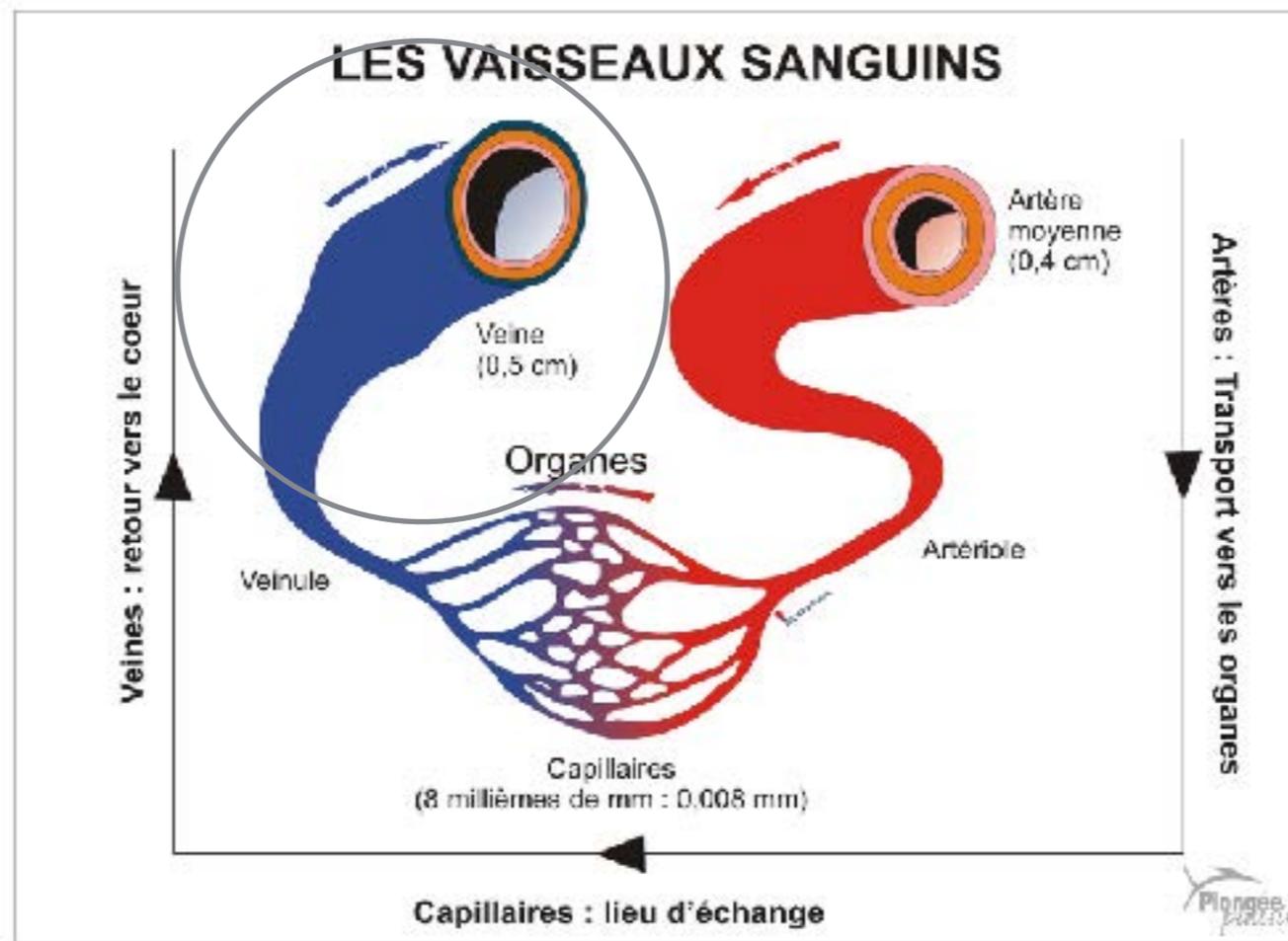
- Ils permettent de faire circuler le sang propulsé par le coeur.
- Il existe 3 types de vaisseaux:
  - Les artères
  - Les veines
  - Les capillaires



- Les artères transportent le sang du coeur aux organes (la plus grosse est l'aorte)
- La circulation discontinue au départ du coeur devient continue au niveau des petits vaisseaux.
- La Vasomotricité permet de réguler localement le débit sanguin en fonction des besoins.

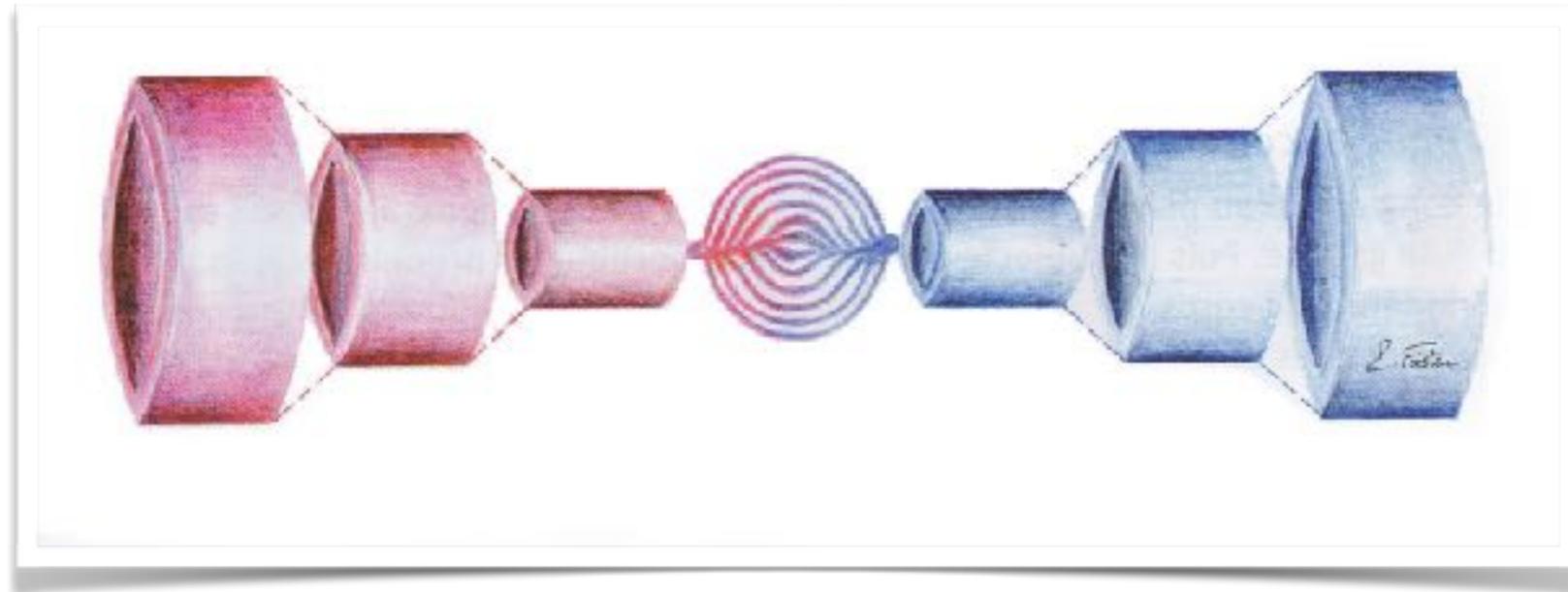


- Les capillaires sont un lieu d'échange (ils représentent une surface de  $7000\text{m}^2$ )
- Les capillaires ont une paroi très fine (monocouche de cellules) afin de permettre les échanges.



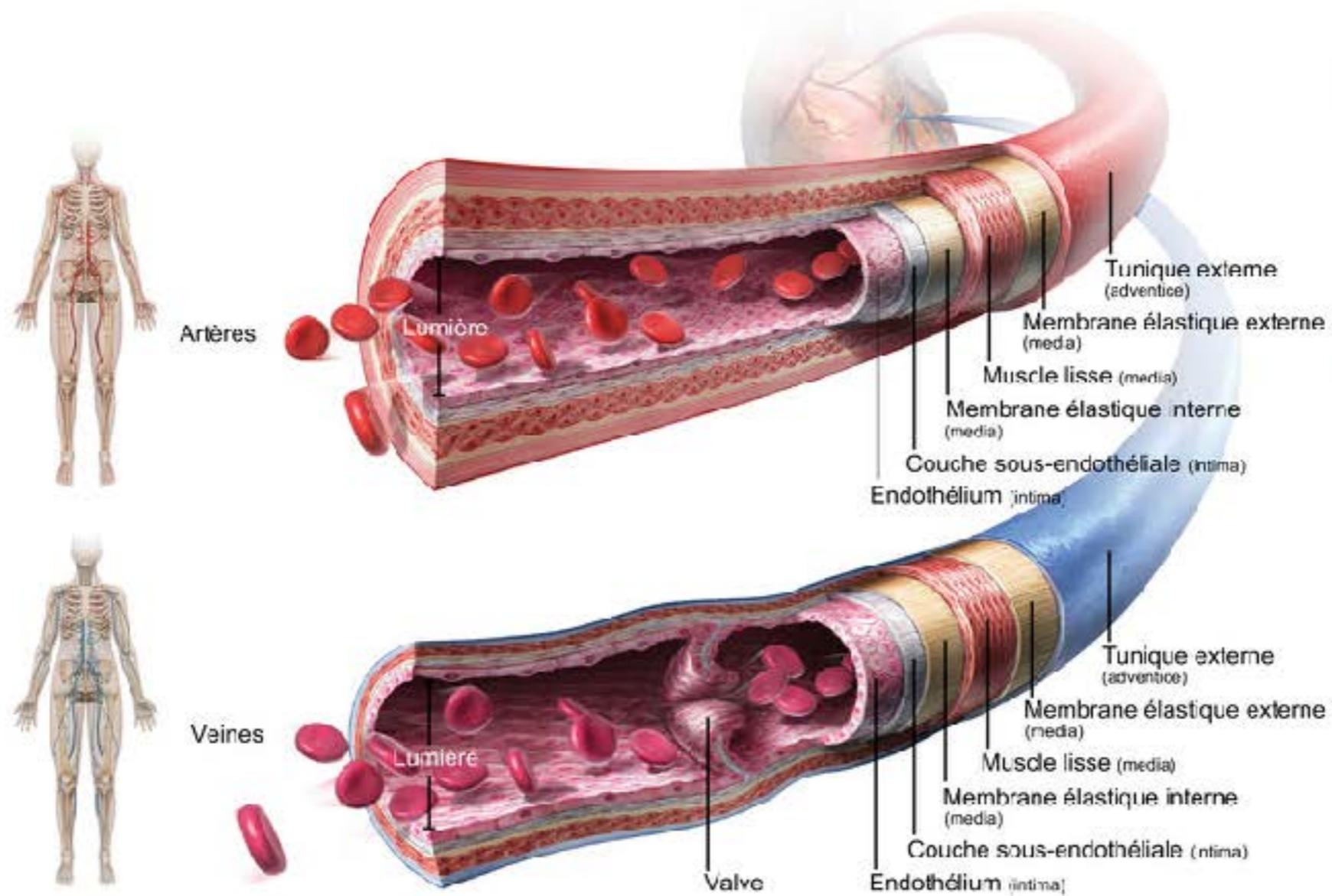
- Les veines ramènent le sang des organes vers le coeur (La plus grosse est la veine cave).
- Elles sont 5 fois plus nombreuses que les artères

- Elles contiennent environ 60% du volume sanguin total.
- La pression qui règne dans le système veineux est plus basse que dans le système artériel. Le débit est plus faible, la circulation moins rapide (rôle dans l'ADD).

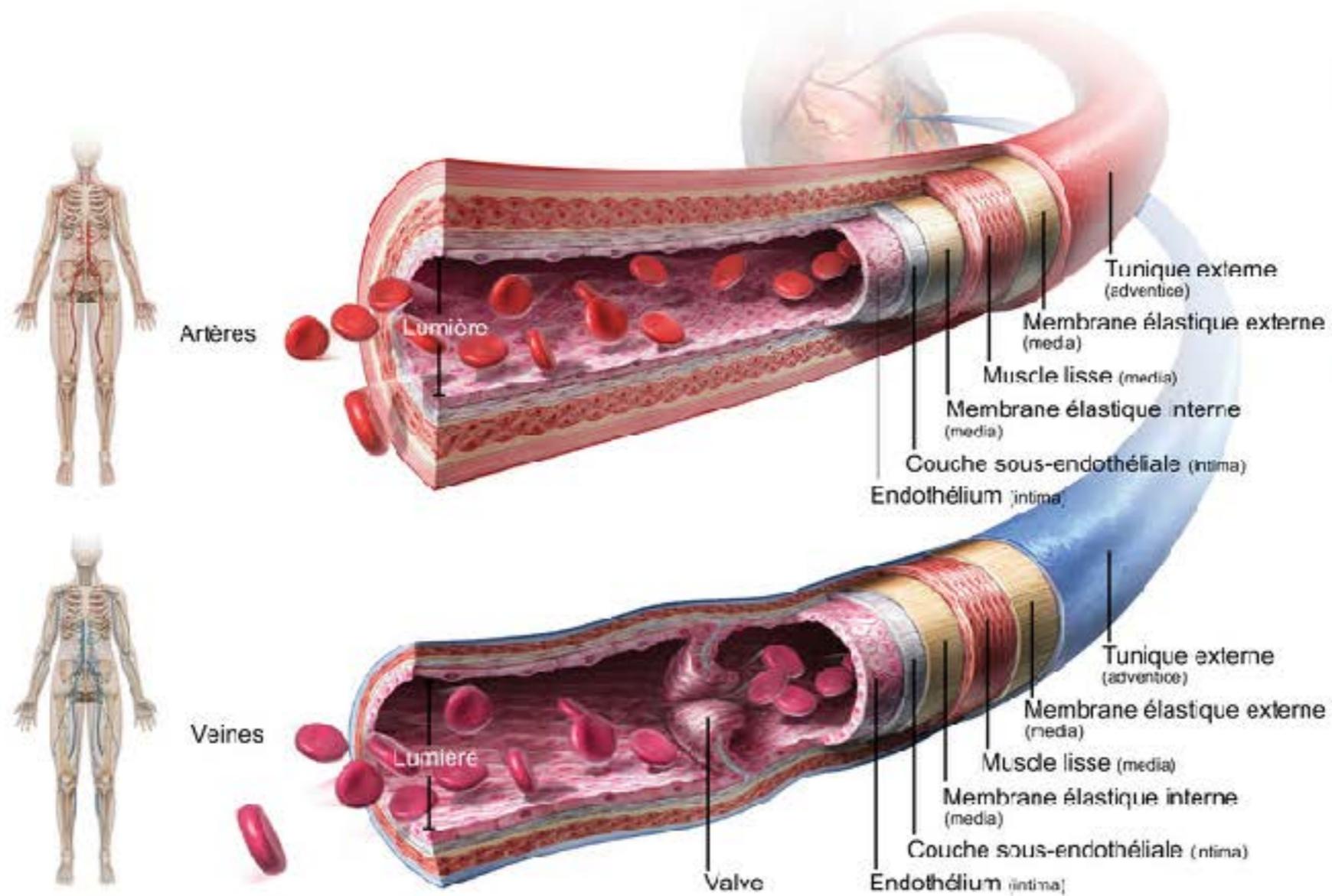


On trouve dans l'ordre:

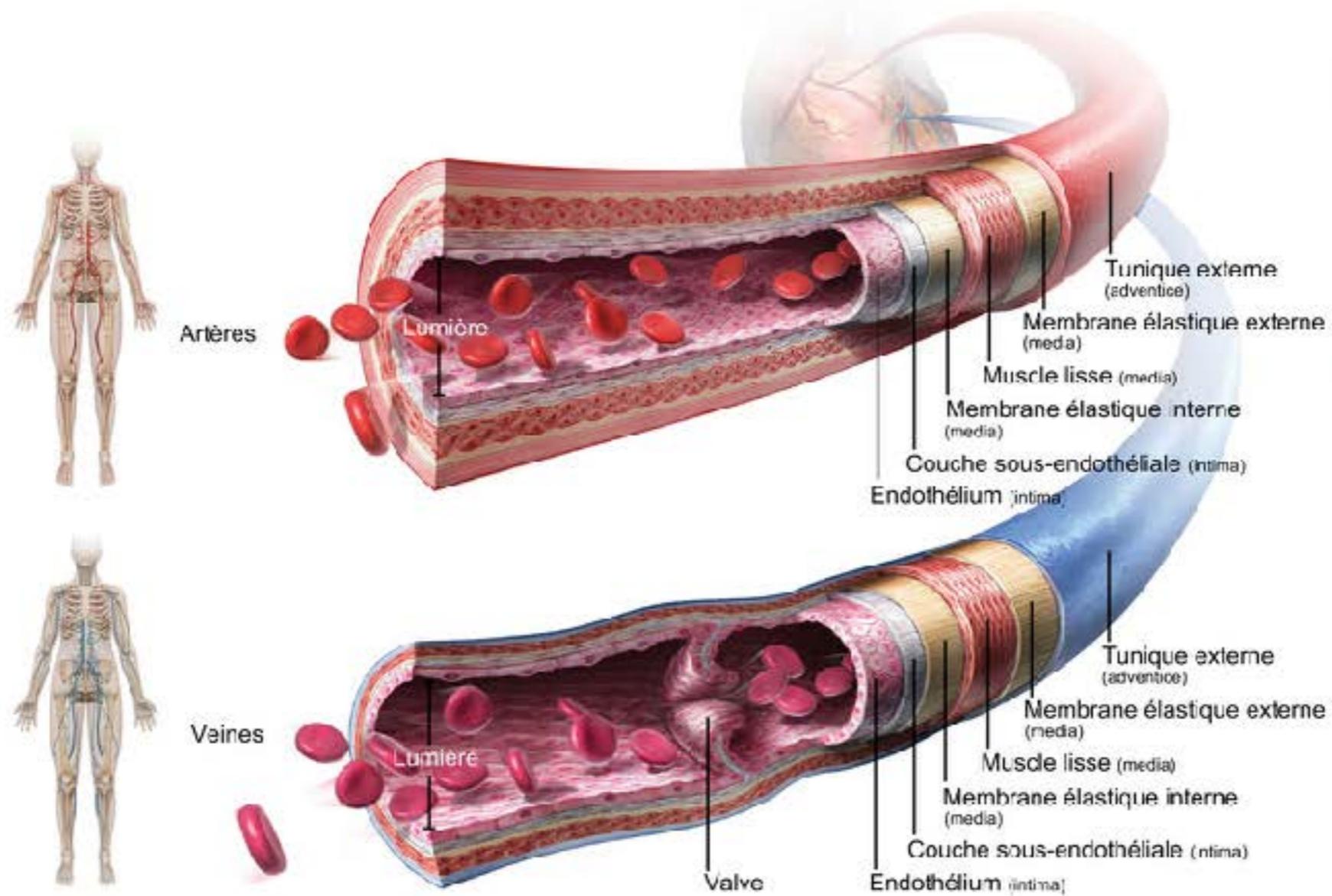
- Les grosses artères
- Les artères
- Les artérioles
- Les capillaires
- Les veinules
- Les veines
- Les grosses veines



- Les artères sont élastiques et contractiles ce qui leur permet de réguler la circulation sanguine par des phases de dilatation et de contraction.

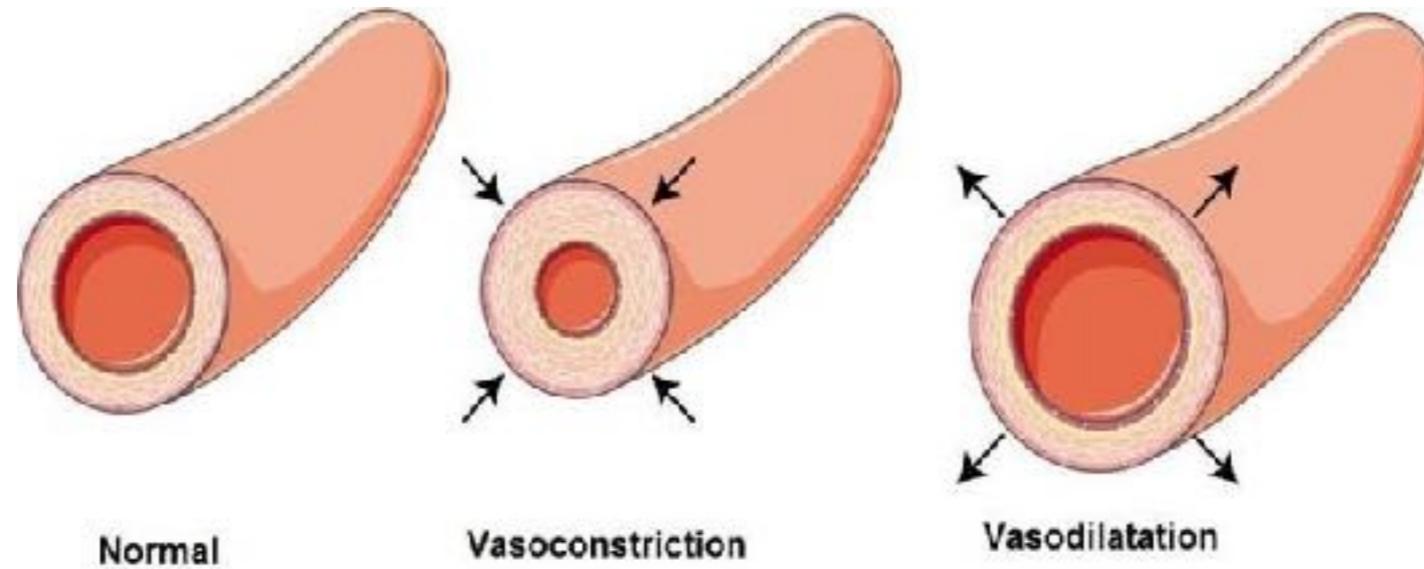


- Les veines sont quand à elles plus minces et extensibles que les artères.



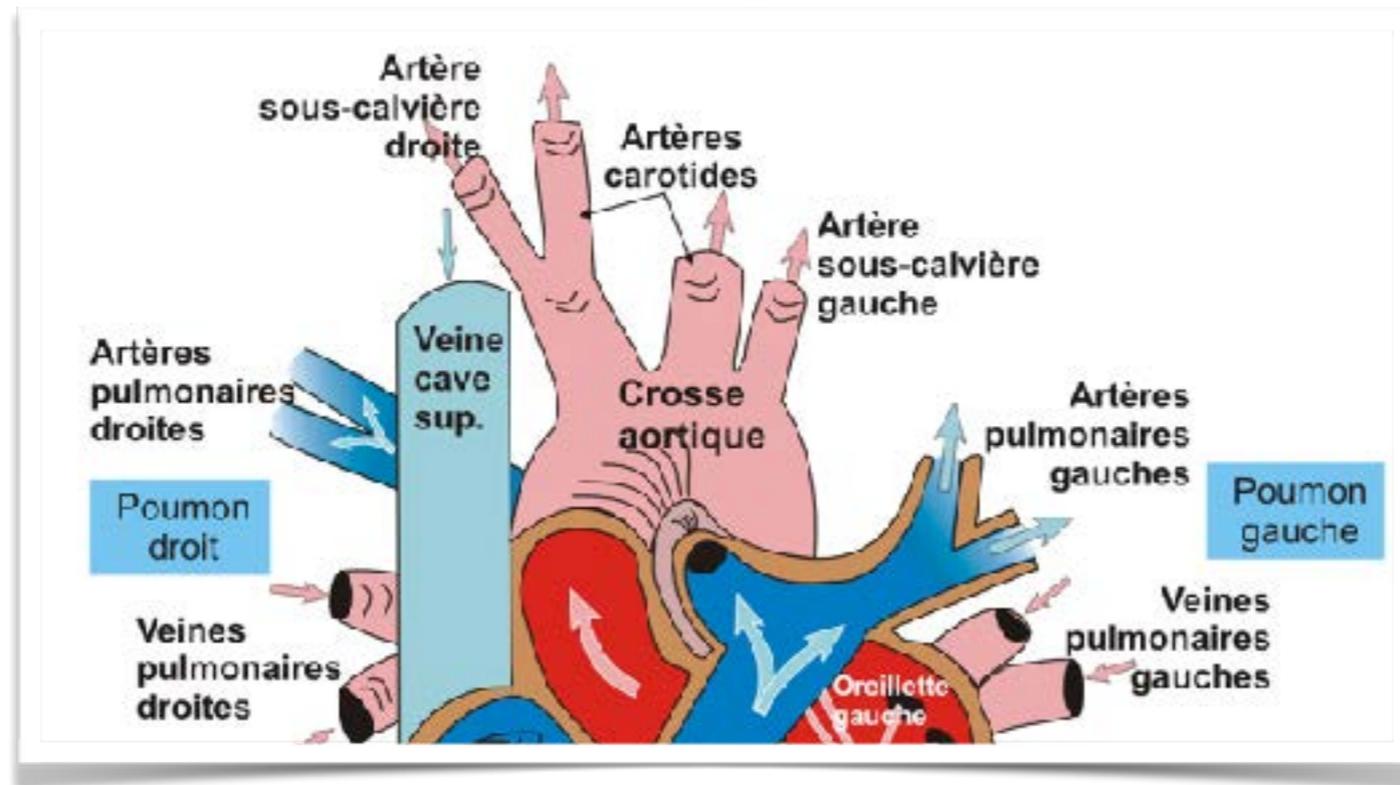
- Les veines plus basses que le coeur contiennent des valvules qui empêchent un retour en arrière du sang.

# Quelques termes techniques



**Vasoconstriction:**  
Diminution du  
diamètre des  
vaisseaux sanguins

**Vasodilatation:**  
Augmentation du  
diamètre des  
vaisseaux sanguins



## Barorécepteurs:

Des barorécepteurs artériels situés au niveau des carotides et de la crosse de l'aorte informent le SNC sur la pression artérielle, autorégulée par des systèmes réflexes.

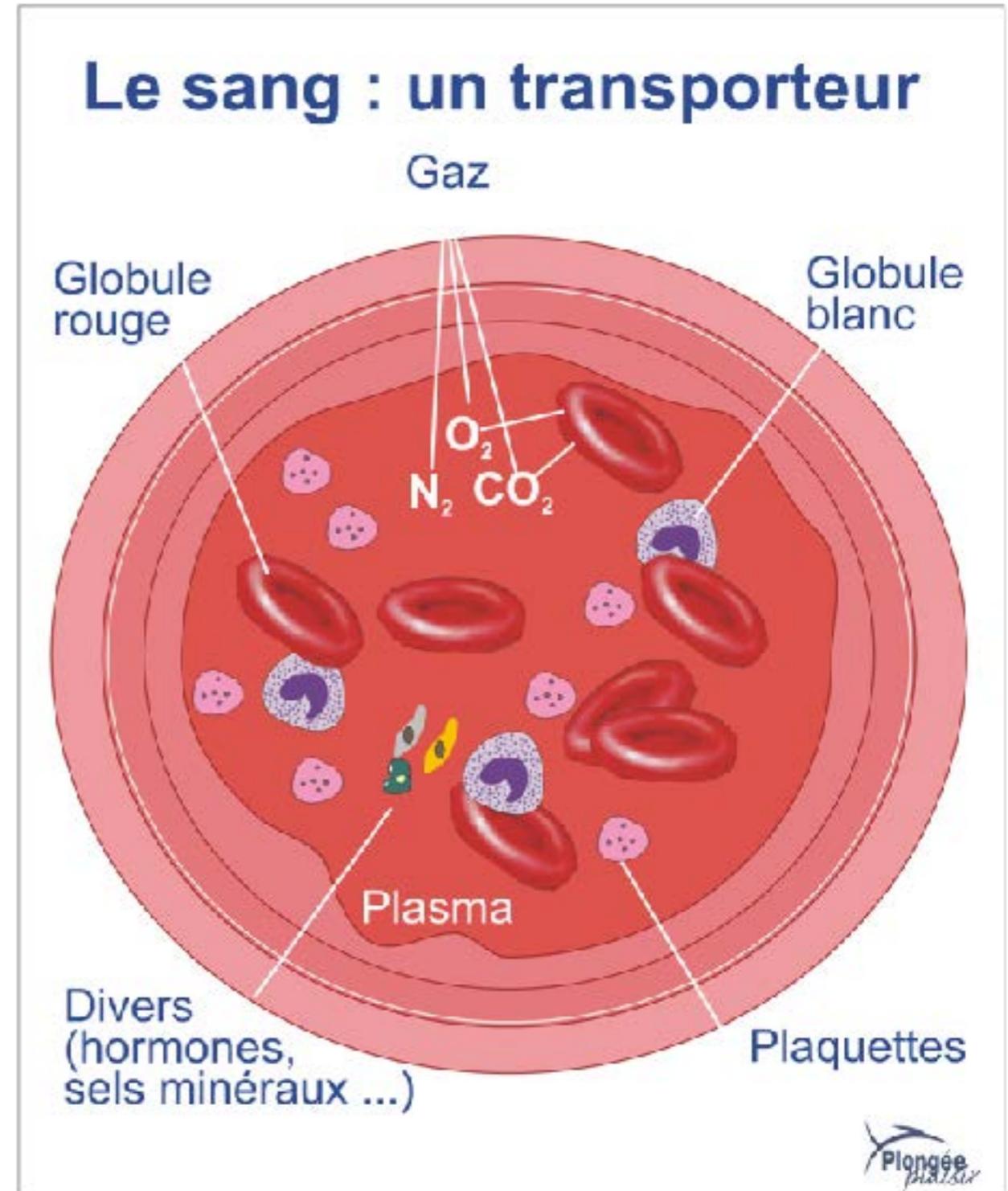
- I) Le Coeur
- II) Les Vaisseaux
- III) Le sang
- IV) La Circulation Sanguine
- V) Le FOP
- VI) Déshydratation et plongée

## III) Le Sang

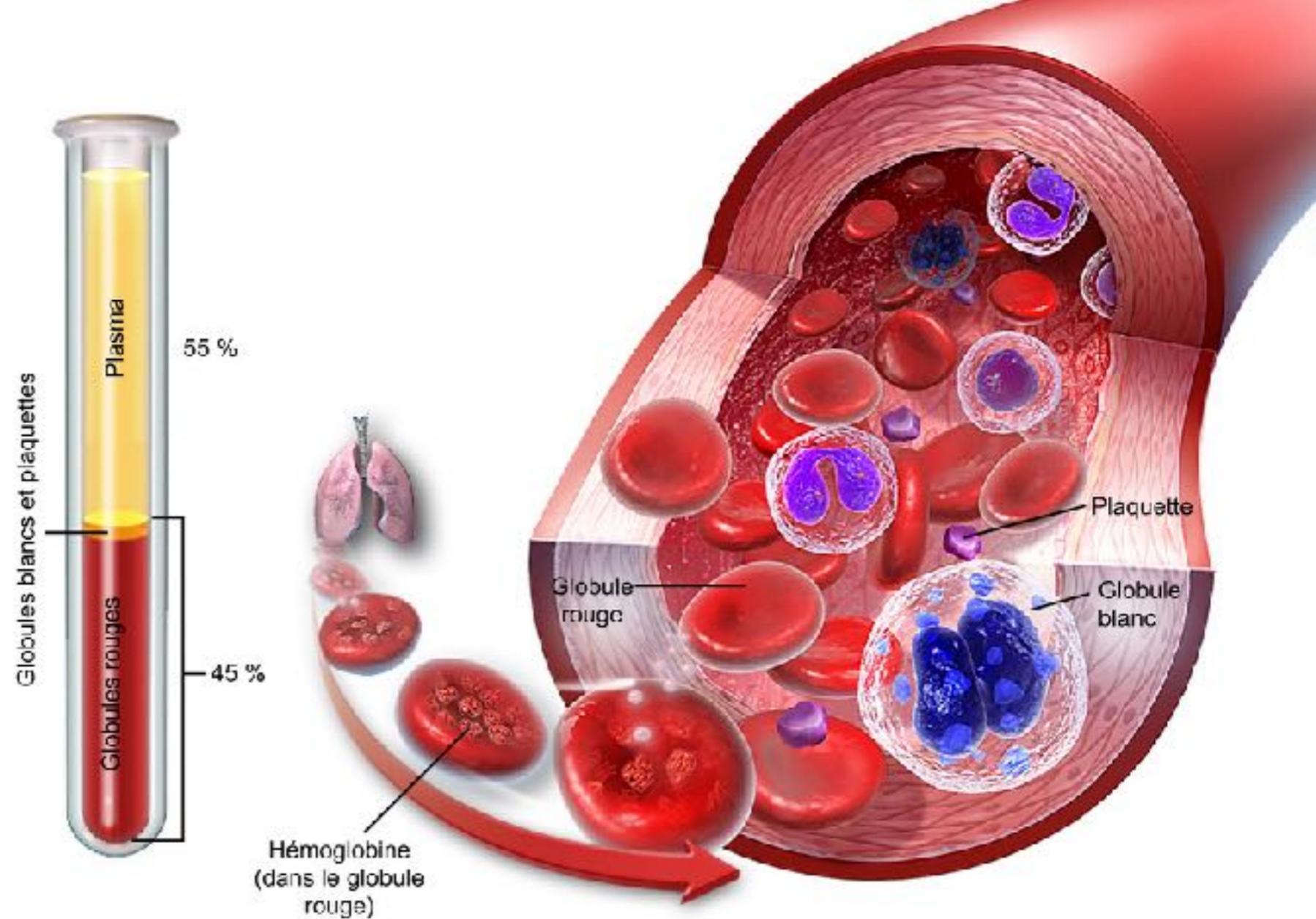


## Rôles:

- Transporte les éléments nutritifs à nos cellules
- Répartit la chaleur
- Transporte les anticorps
- Transporte les gaz ( $O_2$ ,  $N_2$ )
- Evacue les déchets
- Evacue les substances en excès ( $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ )
- ...



## Composition:



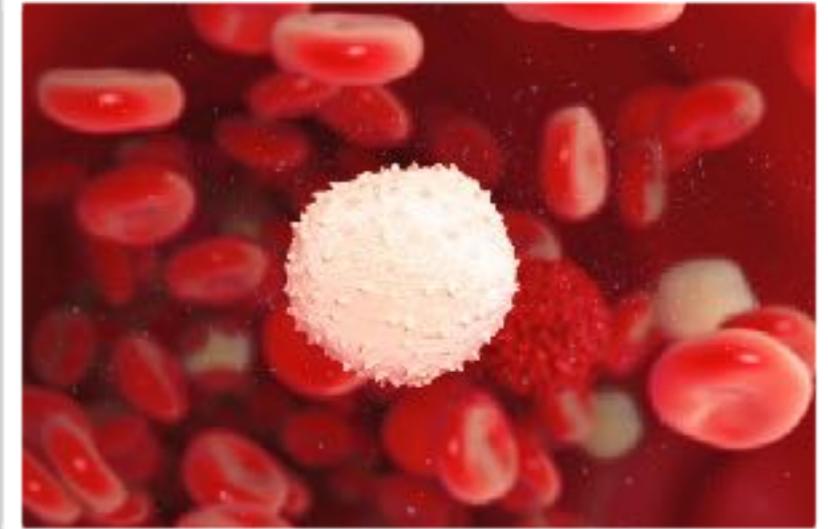
Il représente 8% de notre poids soit 5 à 6 litres.

Il est composé à plus de 50% d'eau.

Les éléments qu'il contient sont en suspension dans le plasma:

- **globules blancs**

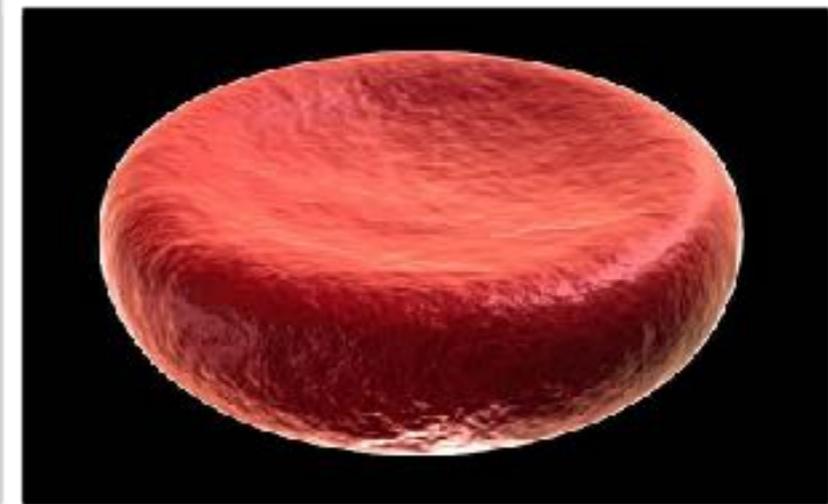
(défense contre les agressions: virus, bactéries, corps étrangers, rôle dans ADD)



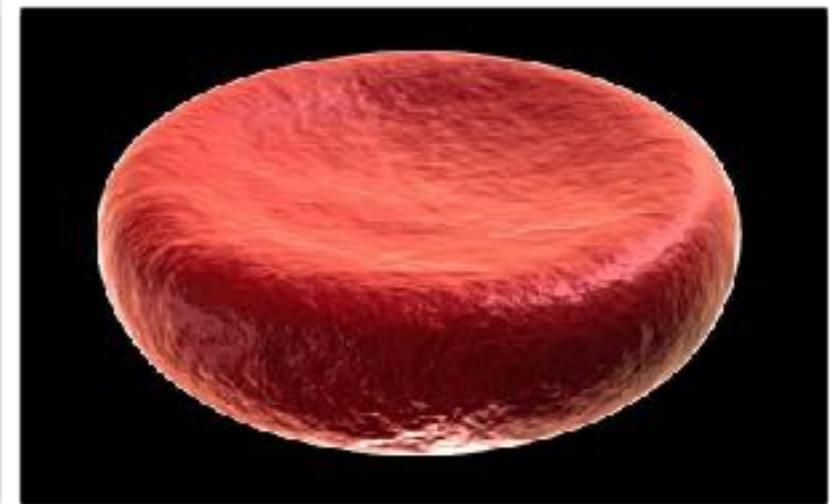
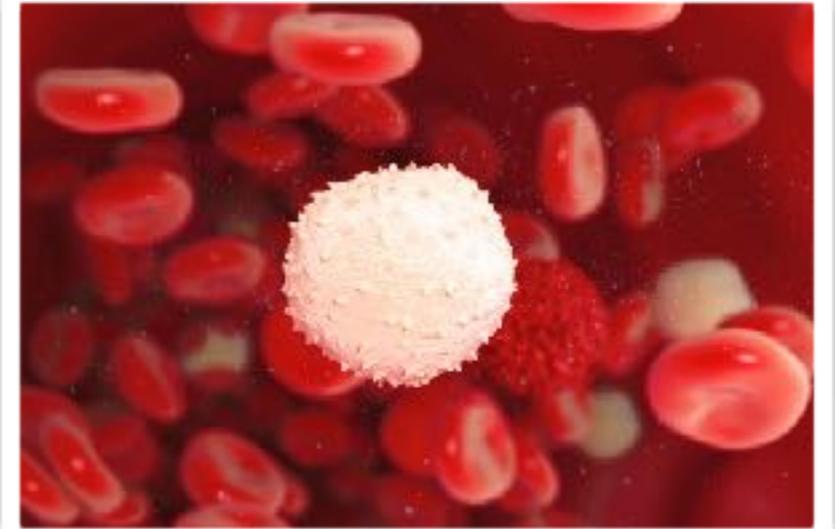
- **plaquettes** (coagulation, rôle dans l'ADD)

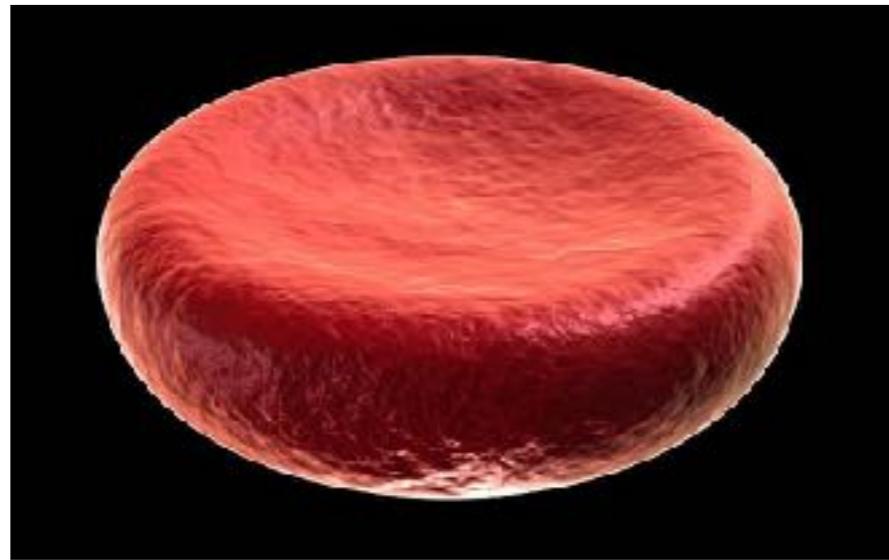


- **globules rouges** ou hématie (transport de l'O<sub>2</sub> et d'une partie du CO<sub>2</sub>)



- nutriments
- protéines
- minéraux
- hormones
- déchets
- gaz sous différentes formes

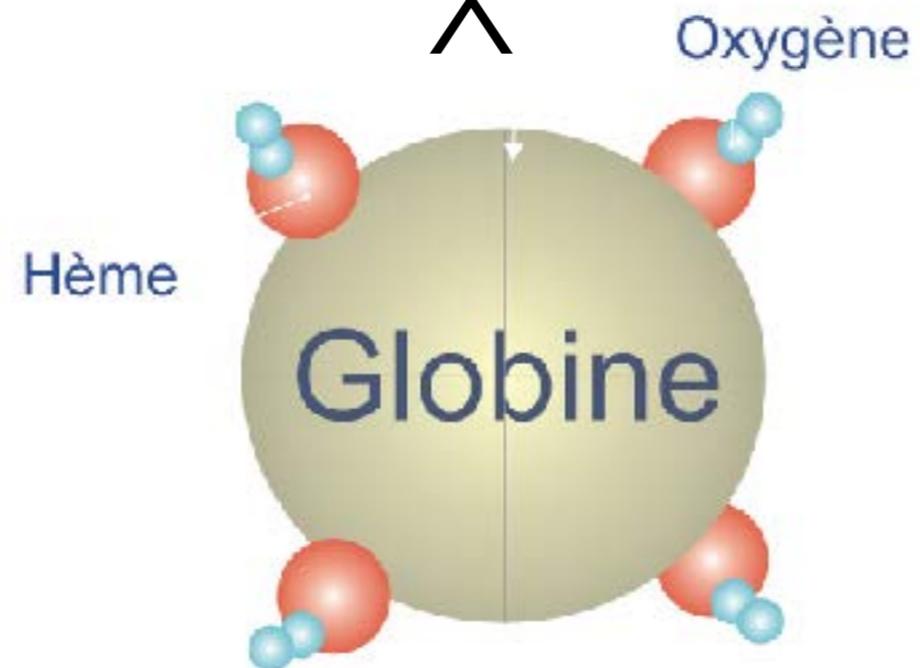




=

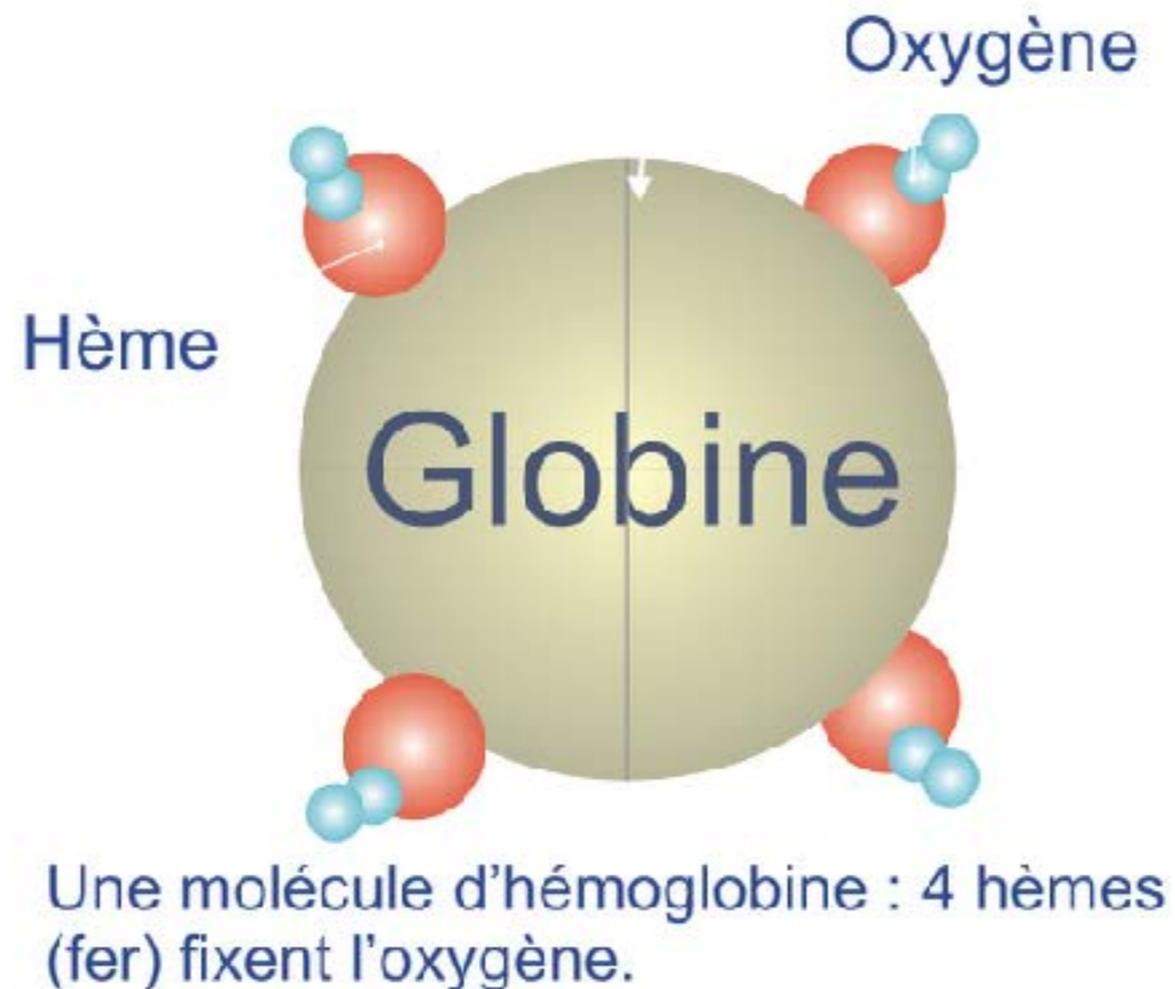
**280 000 000**

X



1 molécule d'hémoglobine

- 1 molécule d'hémoglobine est constituée:
- de 4 molécules de protéines (les globines)
  - de 4 ions fer (hèmes) qui donnent la couleur rouge au sang et qui fixent l'oxygène.





Les plaquettes sont essentielles à la coagulation. Elles renferment de nombreuses substances chimiques qui permettent de déclencher une réaction en chaîne et de réparer les parties endommagées des vaisseaux sanguins.



Cette même réaction se produit face à des corps étrangers comme les bulles d'azote.

# Mode de transport des gaz dans le sang

Oxygène 

En surface

- 98% sous forme combinée à l'hémoglobine
- 2% sous forme dissoute dans le plasma

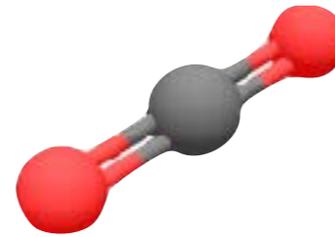
L'azote (N<sub>2</sub>)



C'est un gaz inerte.

Il est transporté à 100% sous forme dissoute.

## Gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)

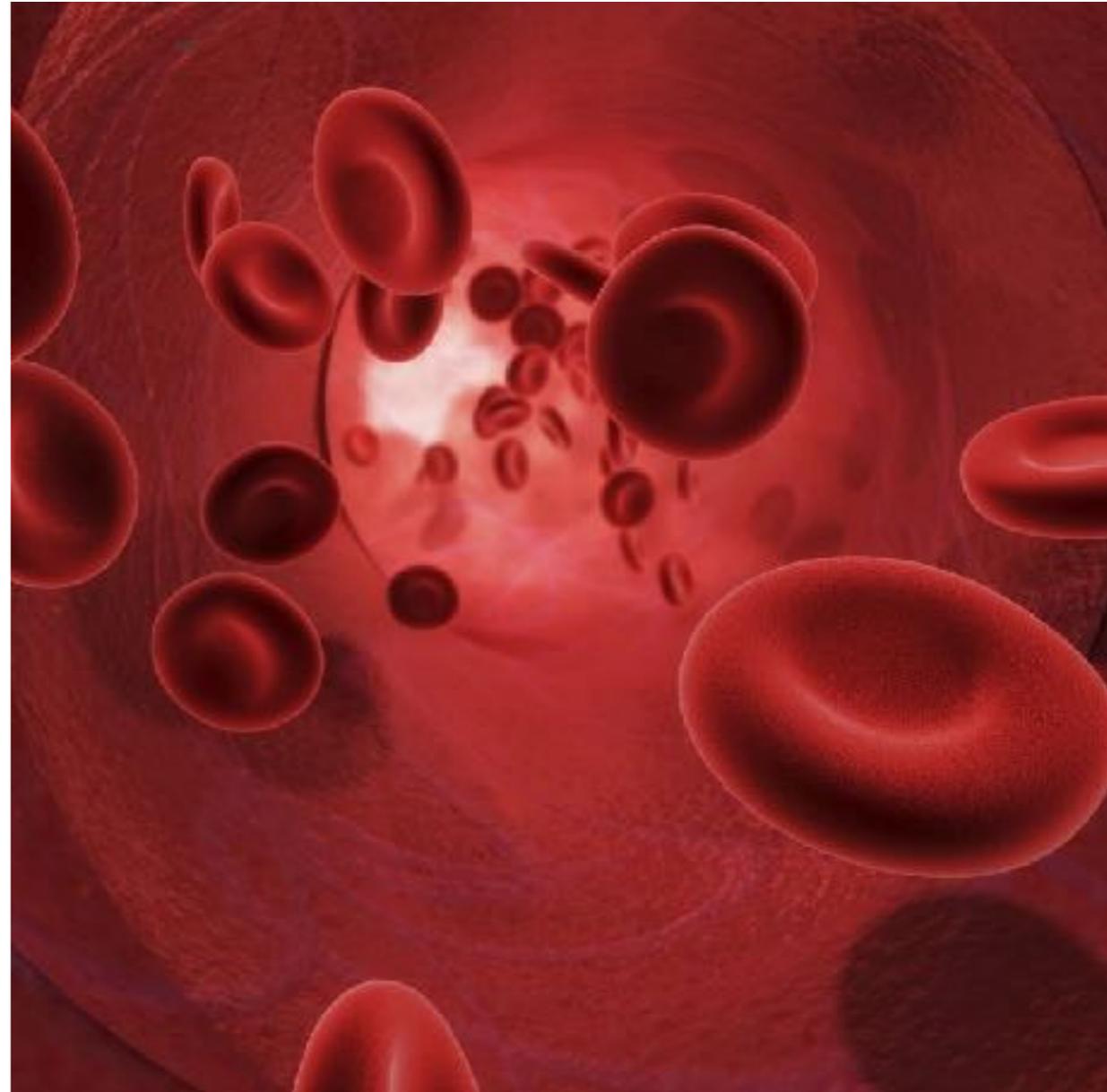


Pour être éliminé, il doit être transporté jusqu'aux poumons. Ce transport s'effectue à:

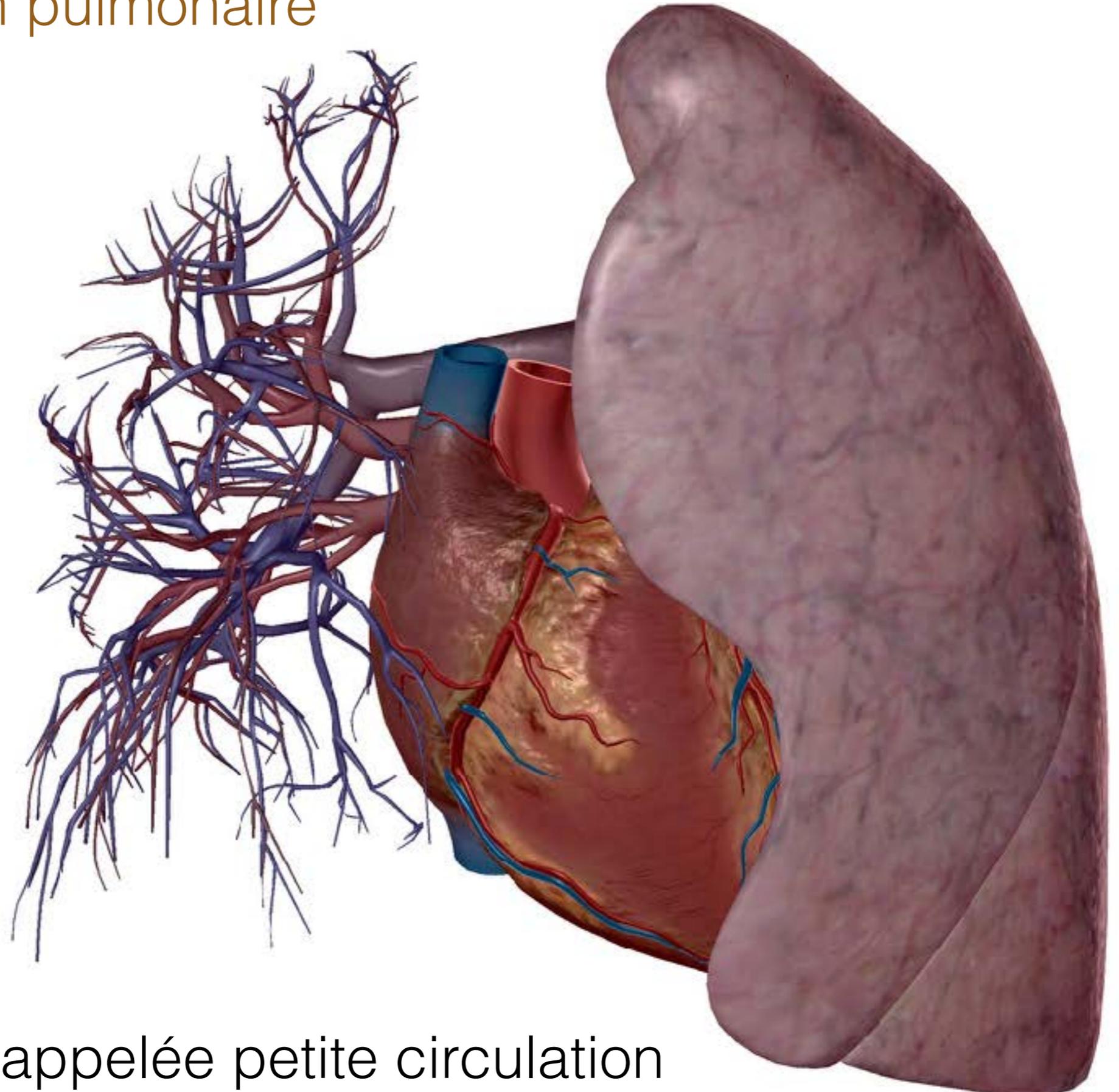
- 10% sous forme dissoute.
- 60% sous forme d'acide carbonique (réaction du CO<sub>2</sub> avec l'eau du plasma).
- 30% fixé par l'hémoglobine (sur un autre site que celui de l'O<sub>2</sub>).

- I) Le Coeur
- II) Les Vaisseaux
- III) Le sang
- IV) La Circulation Sanguine
- V) Le FOP
- VI) Déshydratation et plongée

## IV) La Circulation sanguine

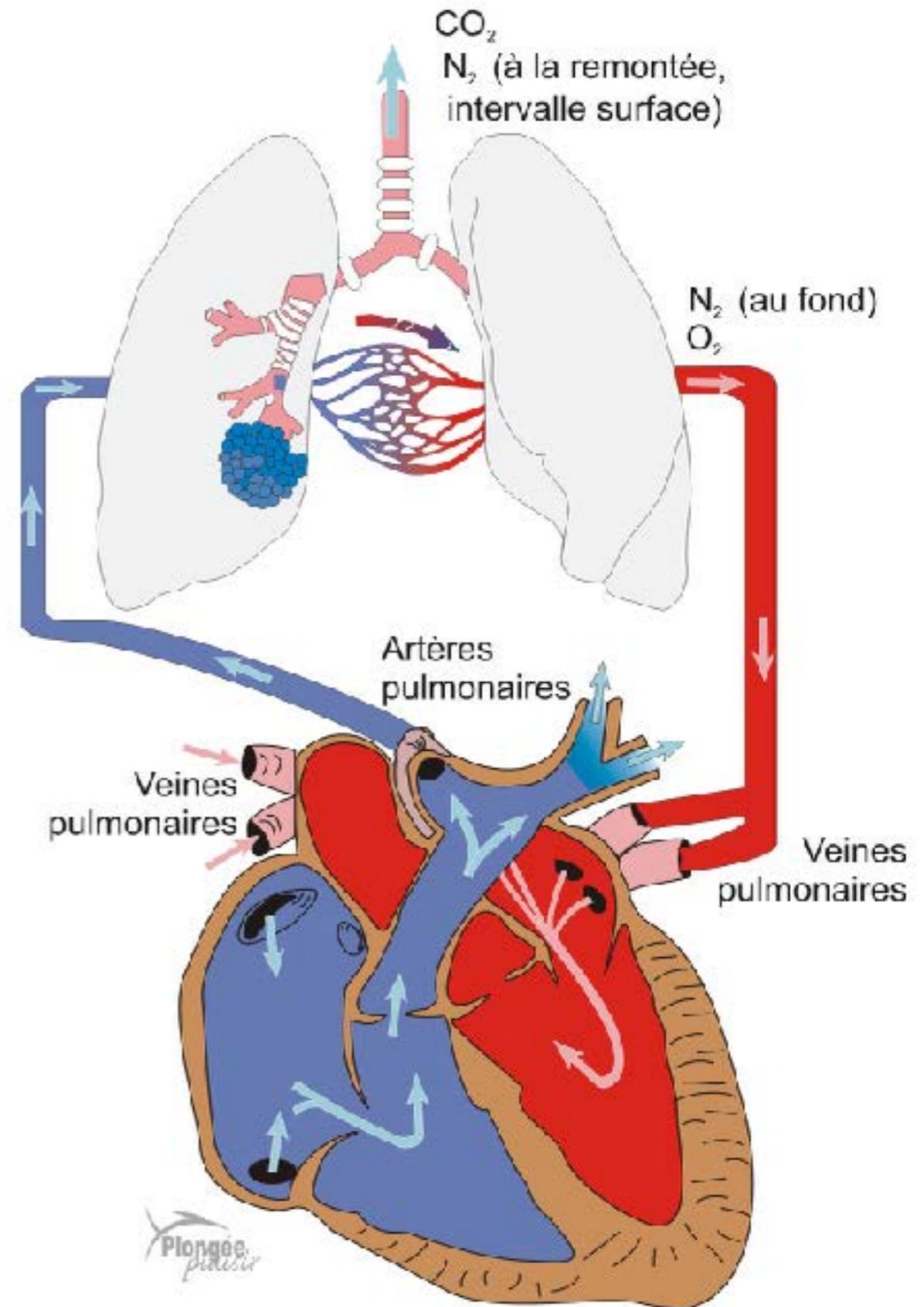


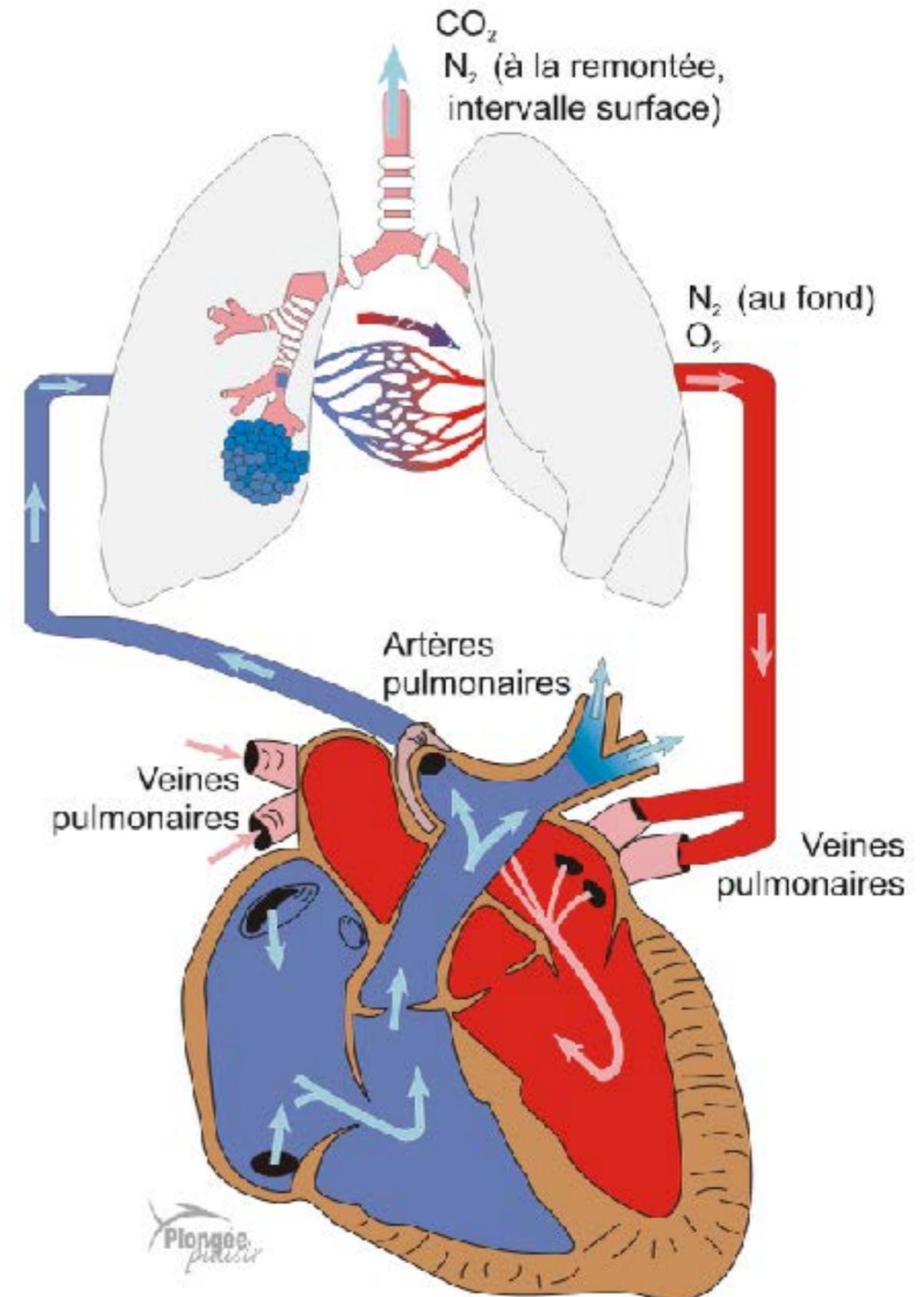
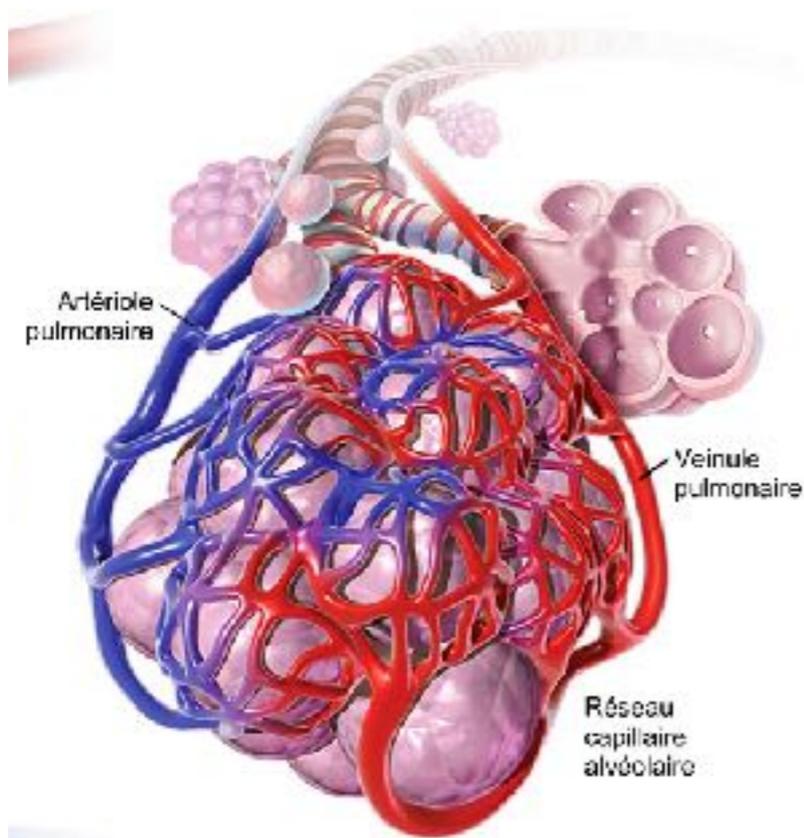
# La circulation pulmonaire



Aussi appelée petite circulation

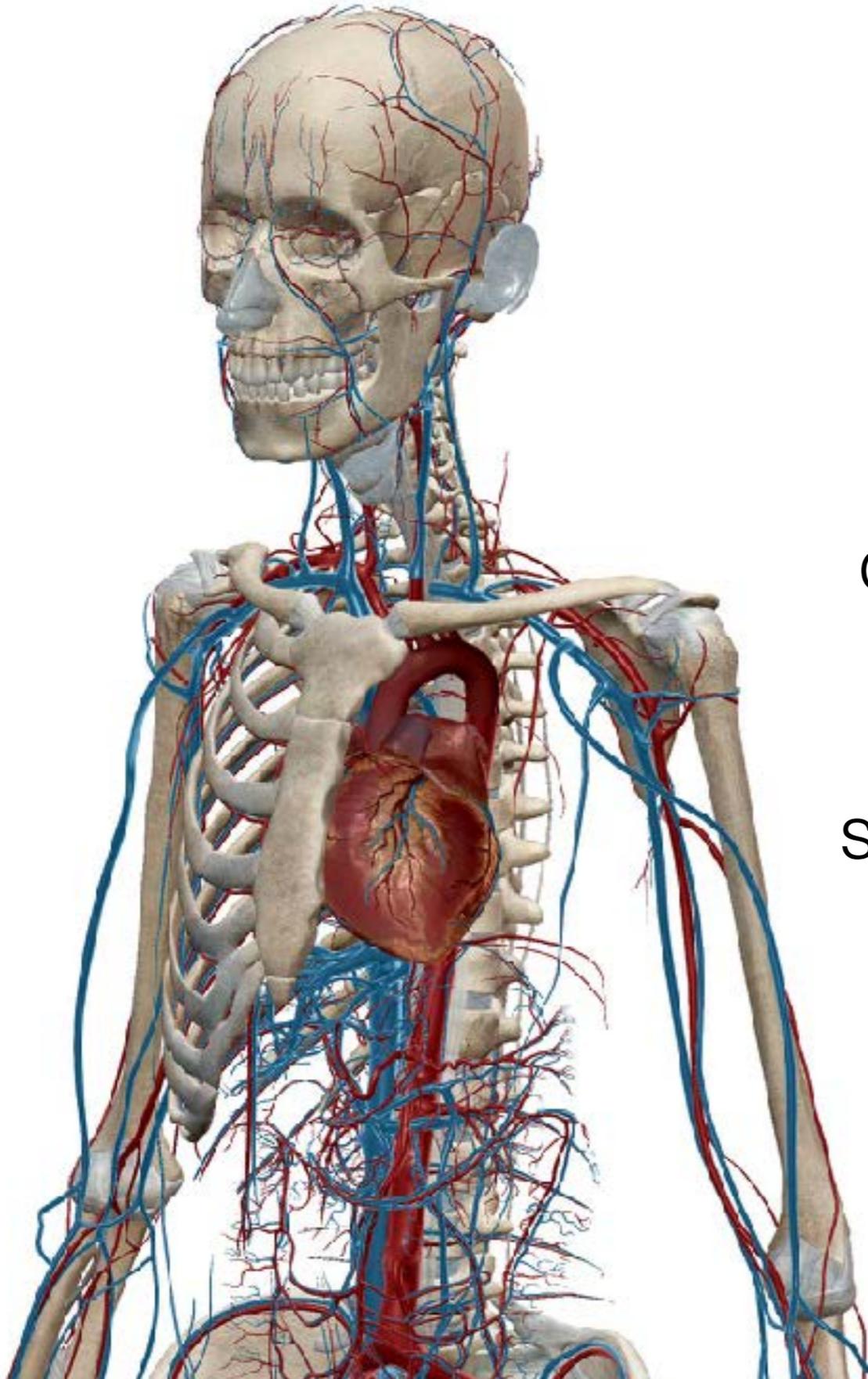
- Le sang veineux (pauvre en  $O_2$ ) est propulsé par le ventricule droit dans les artères pulmonaires.
- Il passe par les artérioles pulmonaires puis arrive dans les capillaires au niveau des alvéoles pulmonaires



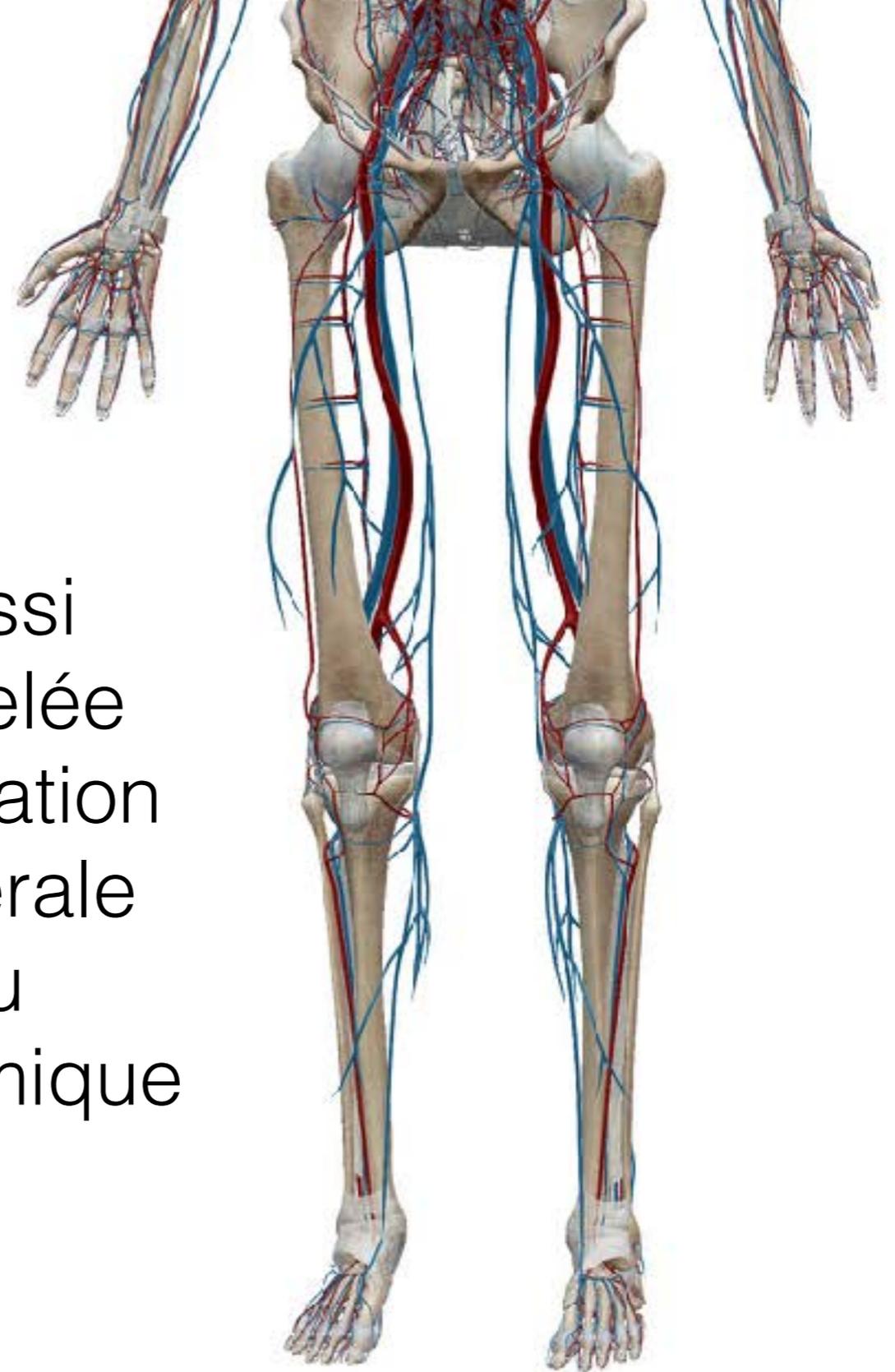


- A leur contact, le sang se charge en  $O_2$  et rejette le  $CO_2$  (hématose).
- Le sang riche en  $O_2$  rejoint alors l'oreillette gauche par les veines pulmonaires.

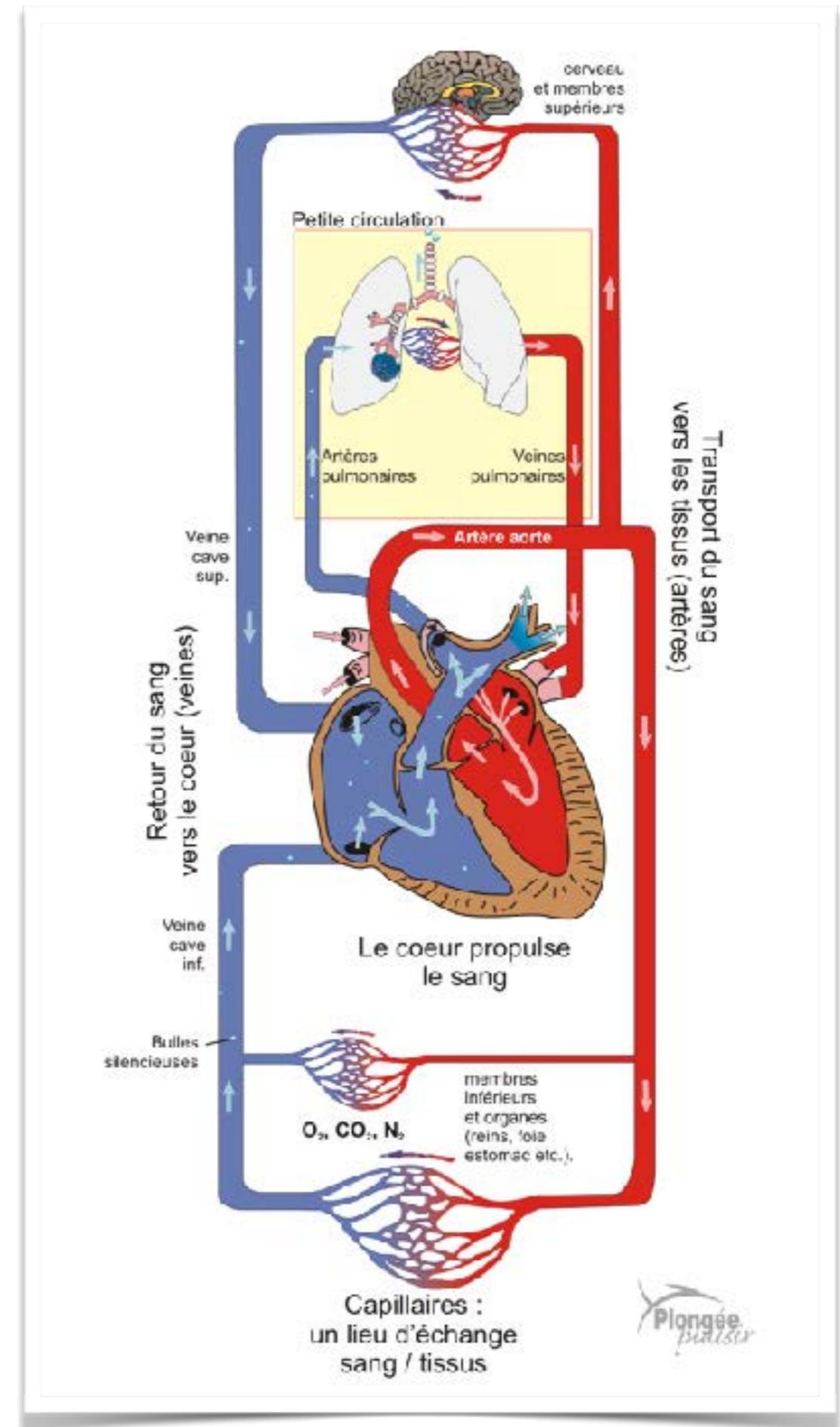
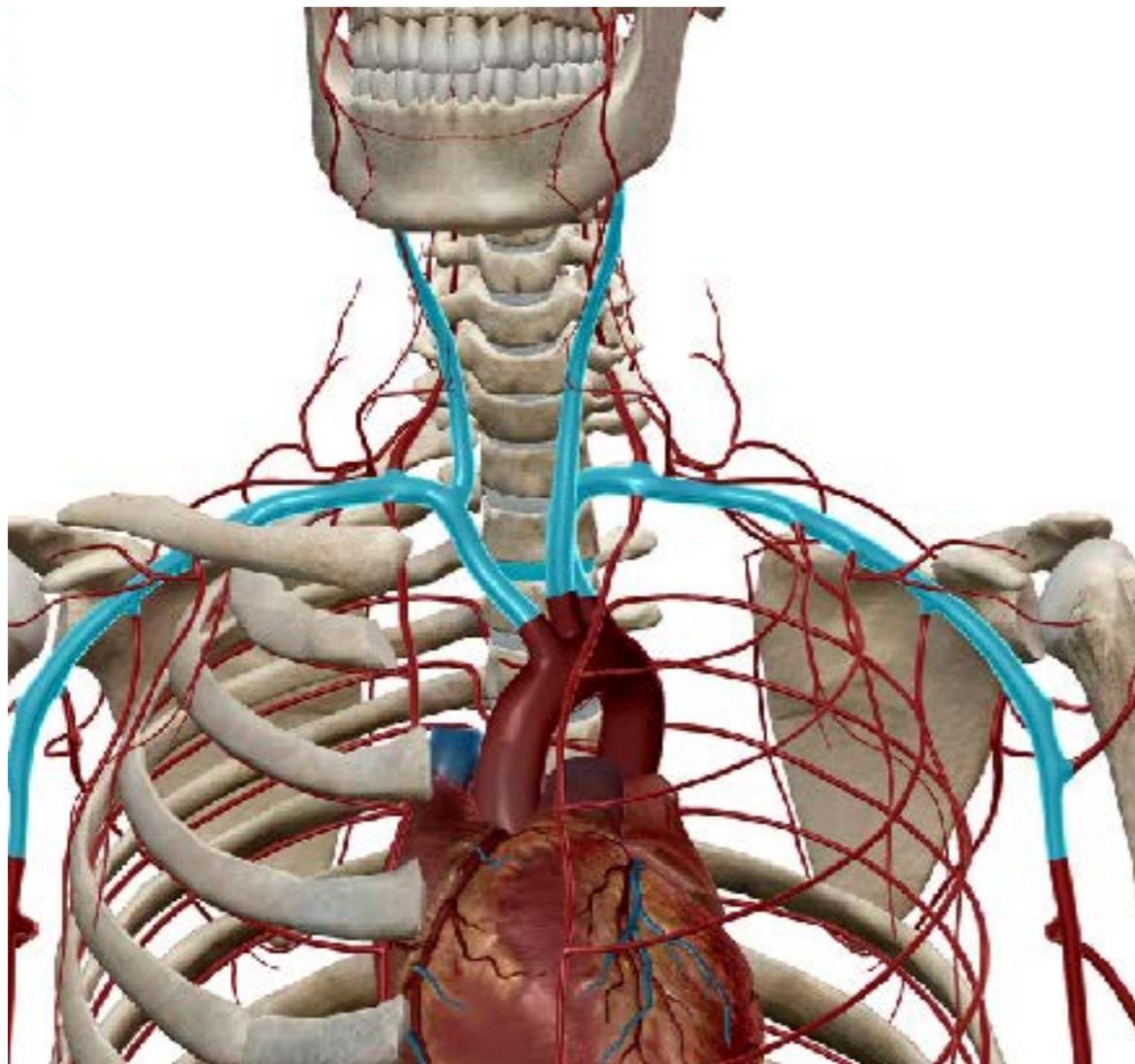
# La circulation Générale



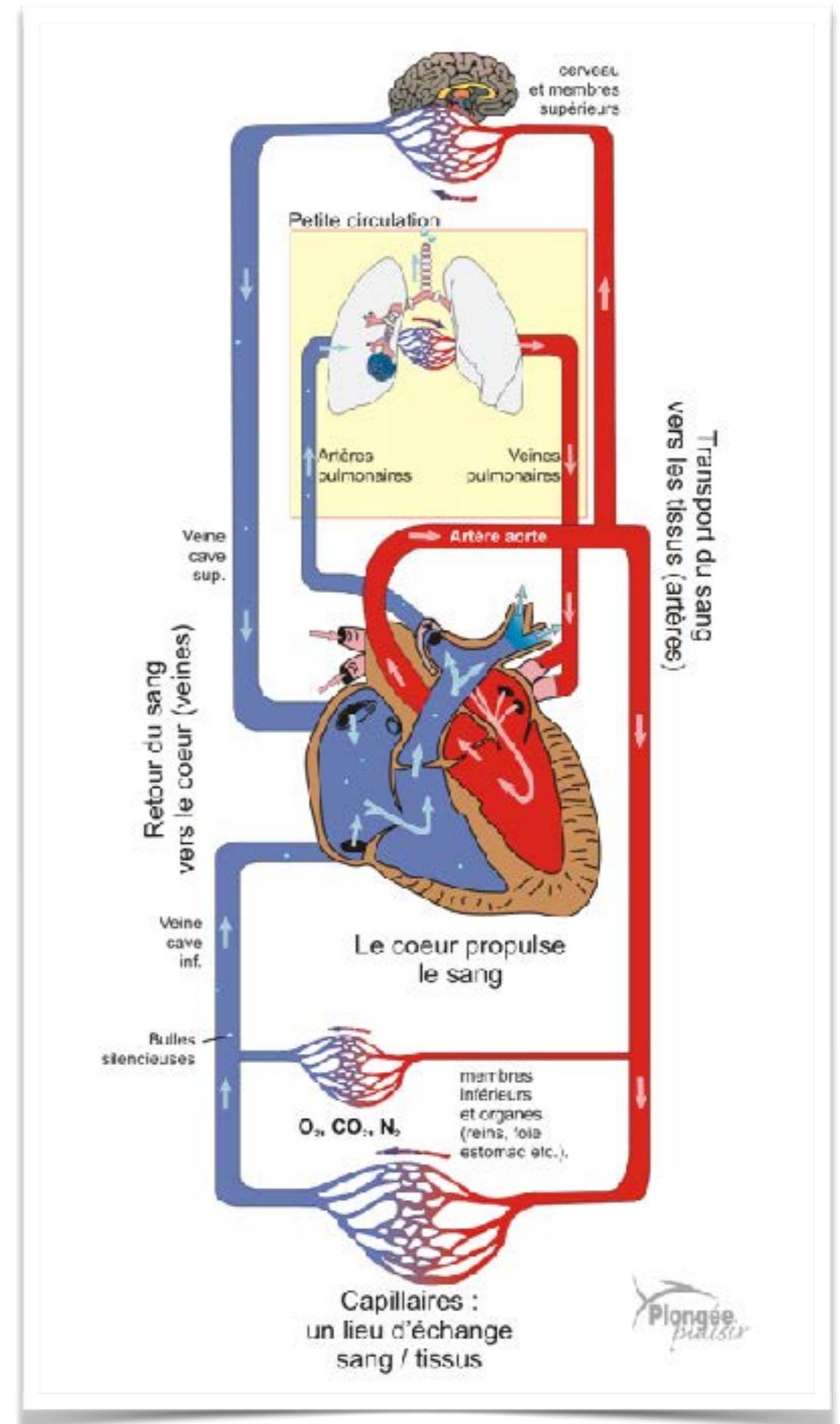
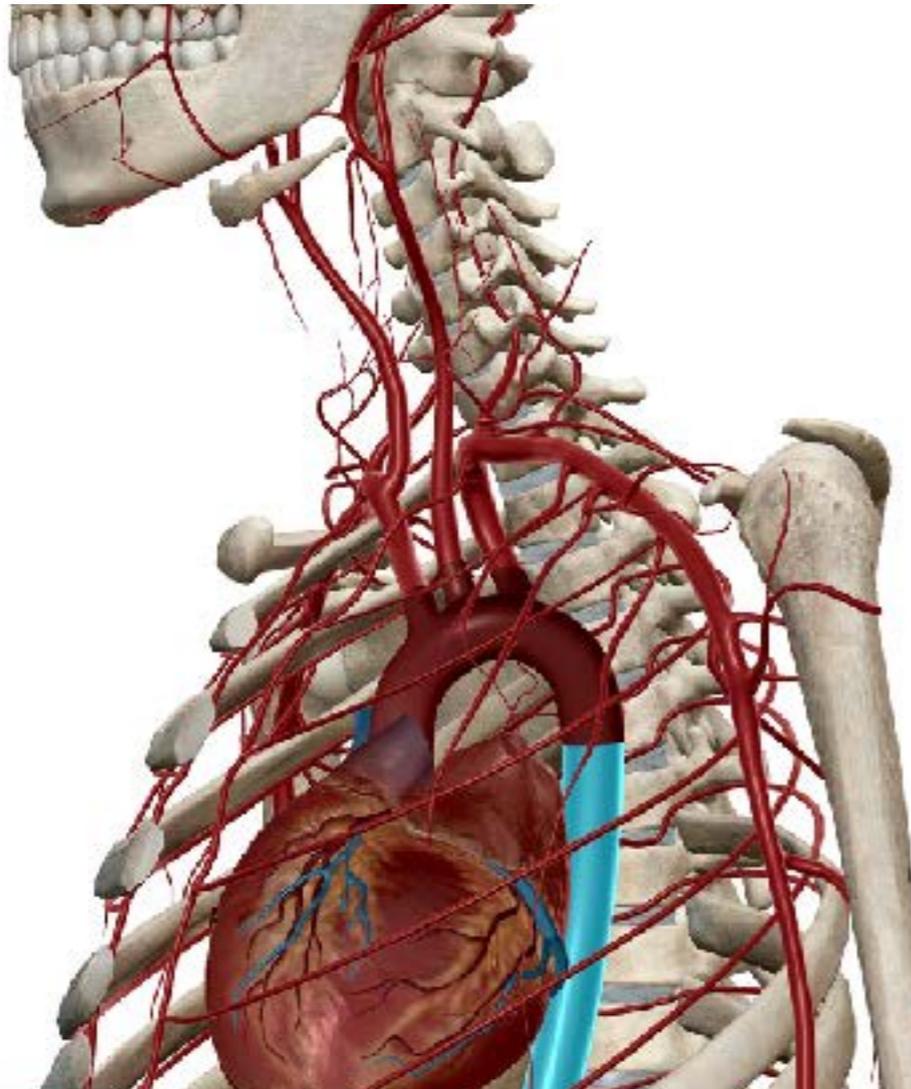
Aussi  
appelée  
circulation  
générale  
ou  
systémique

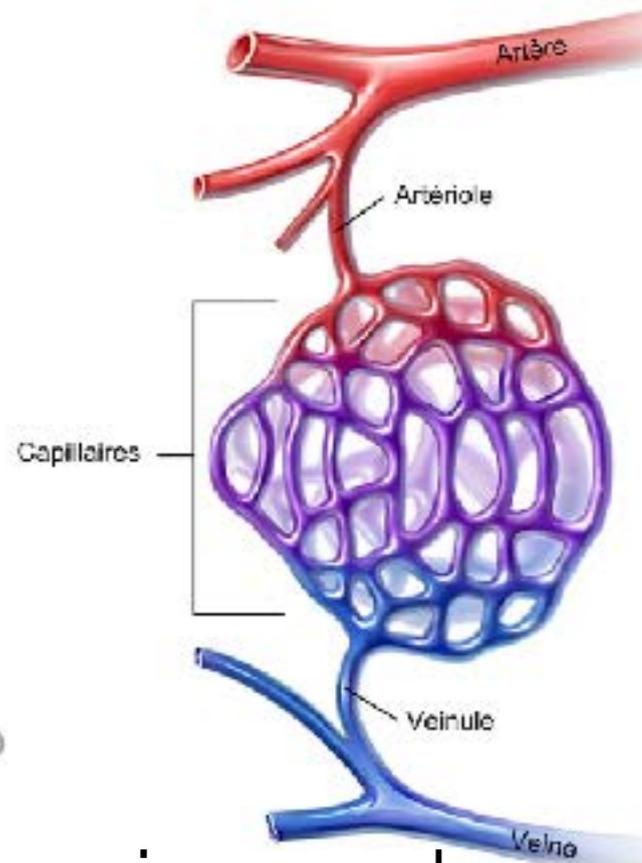


- Le sang oxygéné arrive dans le ventricule gauche et est propulsé dans l'Aorte.
- Les artères carotides l'acheminent vers le cerveau.
- Les artères sous clavières vers les membres supérieurs.

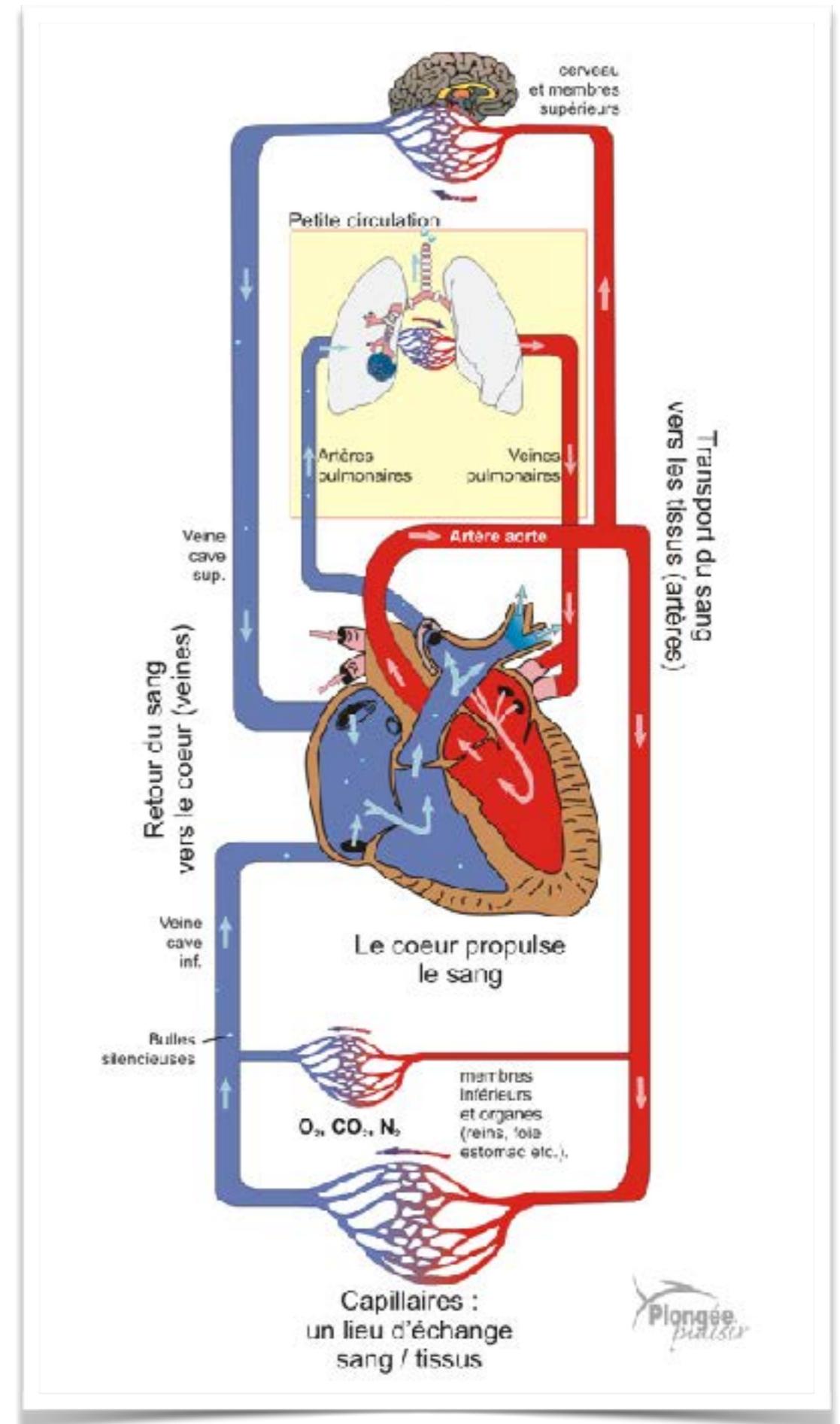


- L'aorte descendante irrigue les parties inférieures (moelle épinière, foie, reins, estomac, muscles des membres inférieurs, poumons, coeur...)





- Au niveau des capillaires (en contact avec les tissus) le sang libère l'O<sub>2</sub> et récupère le CO<sub>2</sub> et les déchets.
- Il repart dans le circuit veineux et débouche dans le coeur droit par la veine cave.



I)	Le Coeur
II)	Les Vaisseaux
III)	Le sang
IV)	La Circulation Sanguine
V)	Le FOP
VI)	Déshydratation et plongée

## V) Le FOP

En plongée, lors de la descente et pendant le séjour au fond de l'azote est apporté aux tissus.

A la remontée et dans les heures qui suivent, l'azote en excès dans nos cellules passe dans le sang veineux.

Toute phase de désaturation génère alors des *bulles silencieuses* (normalement éliminées par le filtre pulmonaire).

# Les bulles silencieuses

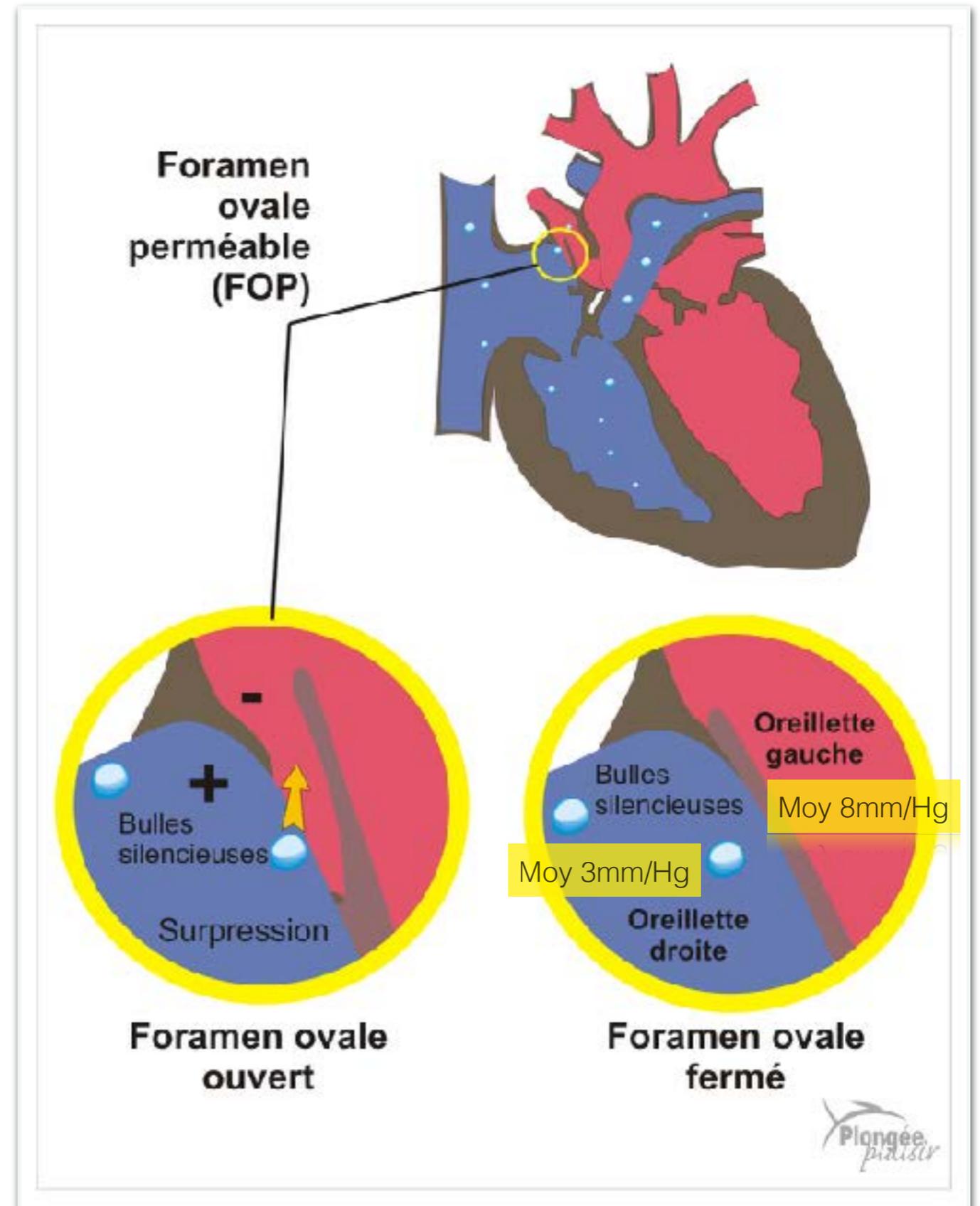
Mises en évidence par Spencer en 1968 par Doppler

- Ce sont des bulles de gaz inertes présentes dans la circulation veineuse et tolérées par l'organisme car relativement peu nombreuses et de très petite taille.
- Elles sont évacuées par le filtre pulmonaire lors de l'expiration.
- Elles apparaissent à la remontée.
- Leur nombre varie en fonction de:
  - la vitesse de remontée
  - la saturation

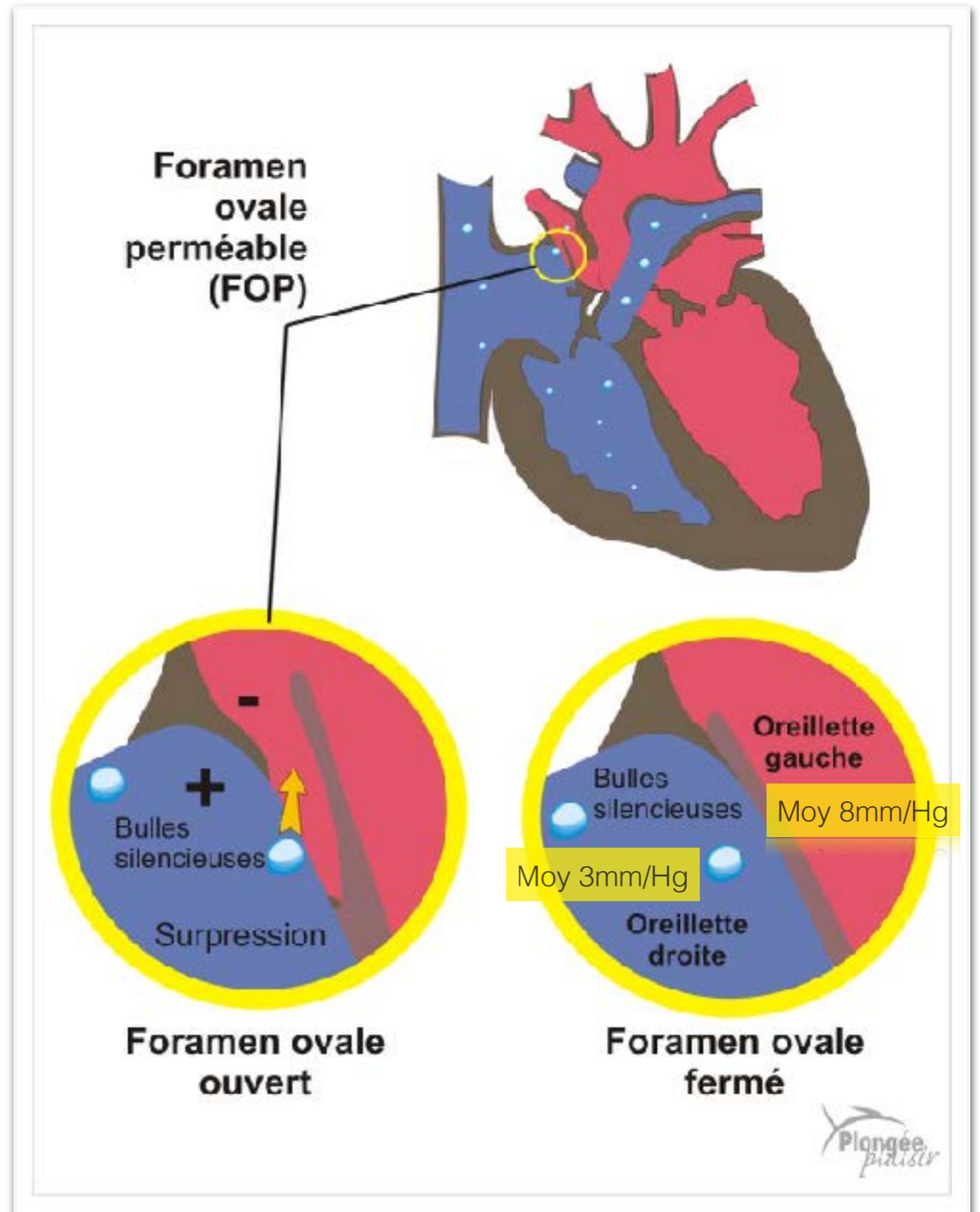
- Elles représentent un risque d'ADD si elles passent dans la grande circulation. Cela peut se produire en cas de FOP (Foramen Ovale Perméable) ou de shunt pulmonaire.

# Le FOP

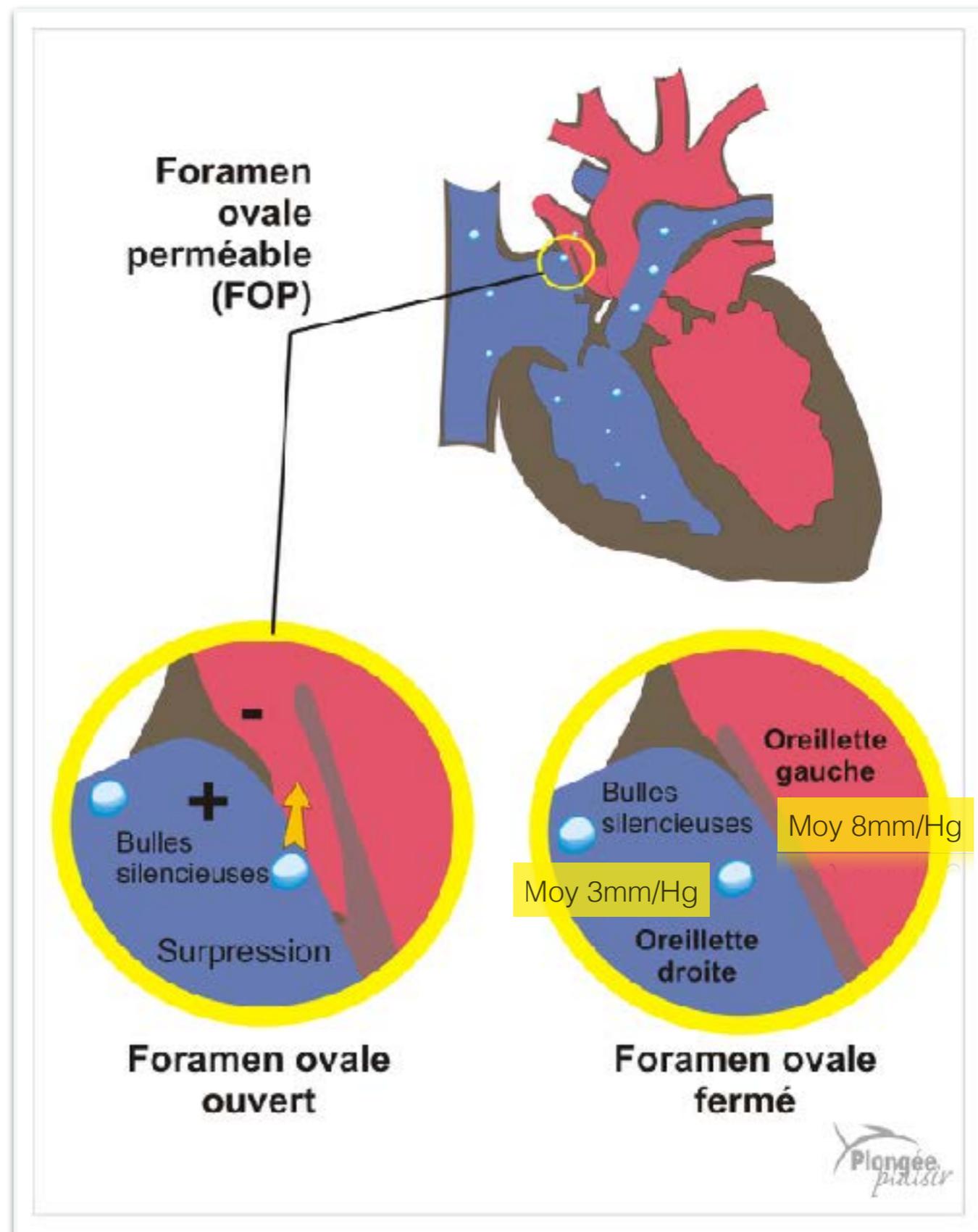
- Présentation
- Présent chez 25 à 35% des individus



- Augmentation de la pression dans le coeur droit si:
  - Valsalva à la remontée
  - Effort (remontée mouillage...)  
pendant et dans les heures qui suivent la plongée.
  - Gonflage du gilet à la bouche
  - Toux
  - ...



- Détection:
  - Echographie transoesophagienne (ETO) (lourde et pénible).
  - L'échodoppler transcrânien (EDTC) (plus légère et moins coûteuse)



## VI) Déshydratation et plongée

### Causes

- Transpiration avant la plongée (soleil, combinaison, effort, vent...)
- Consommation d'alcool (l'alcool déshydrate)
- Apports d'eau insuffisants pour compenser l'élimination quotidienne (2,5l)
- Perte de liquides (troubles gastro-intestinaux)
- Diurèse d'immersion
- Humidification de l'air inspiré dans le détendeur (l'air comprimé est très sec)

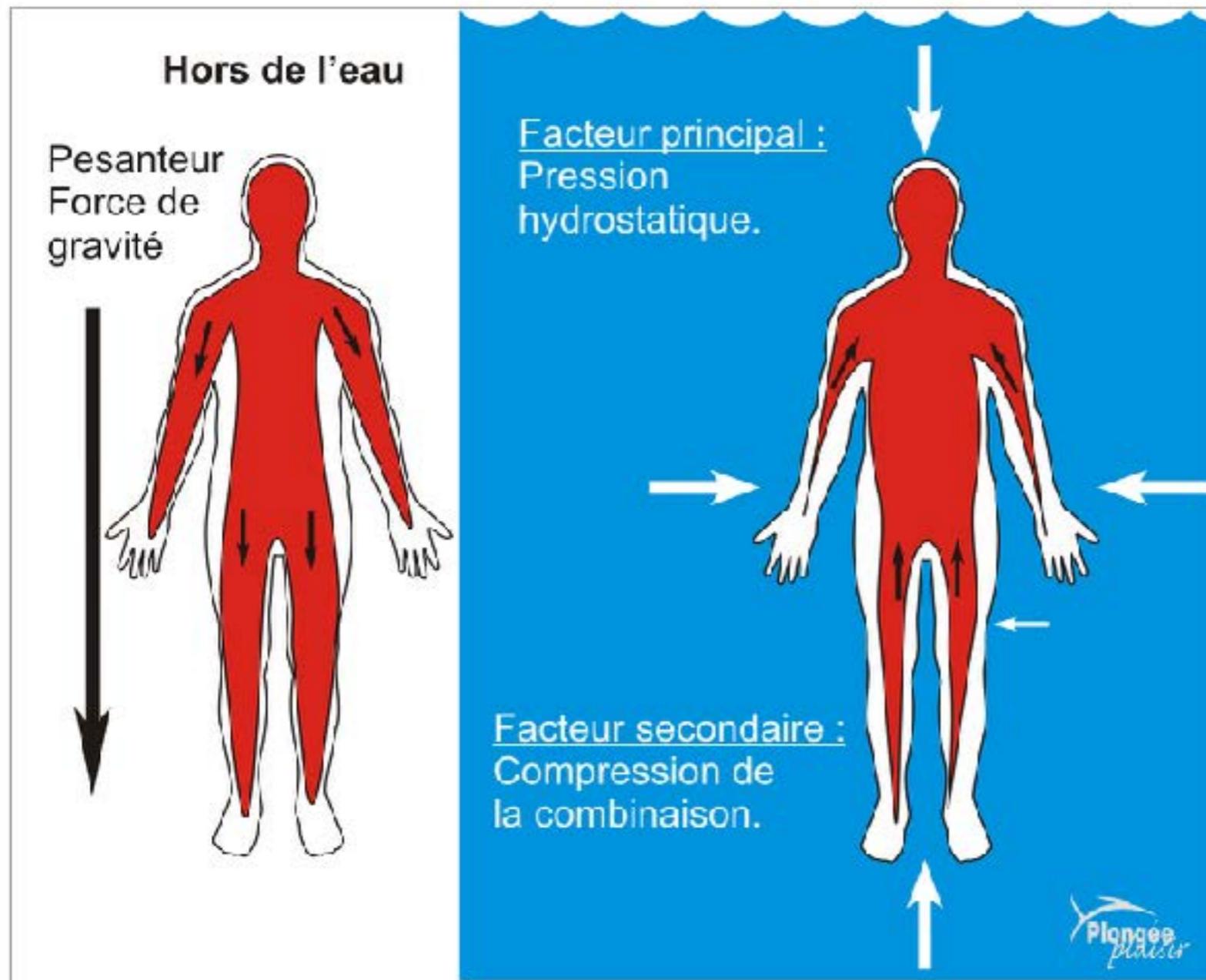


## Prévention

- Boire par petites prises régulières (avant et après la plongée) avant même d'avoir soif (de préférence de l'eau).
- Éviter le café et le thé qui sont diurétiques.
- Éviter l'alcool.
- Ne pas s'exposer au soleil.
- Enfiler sa combinaison au dernier moment.

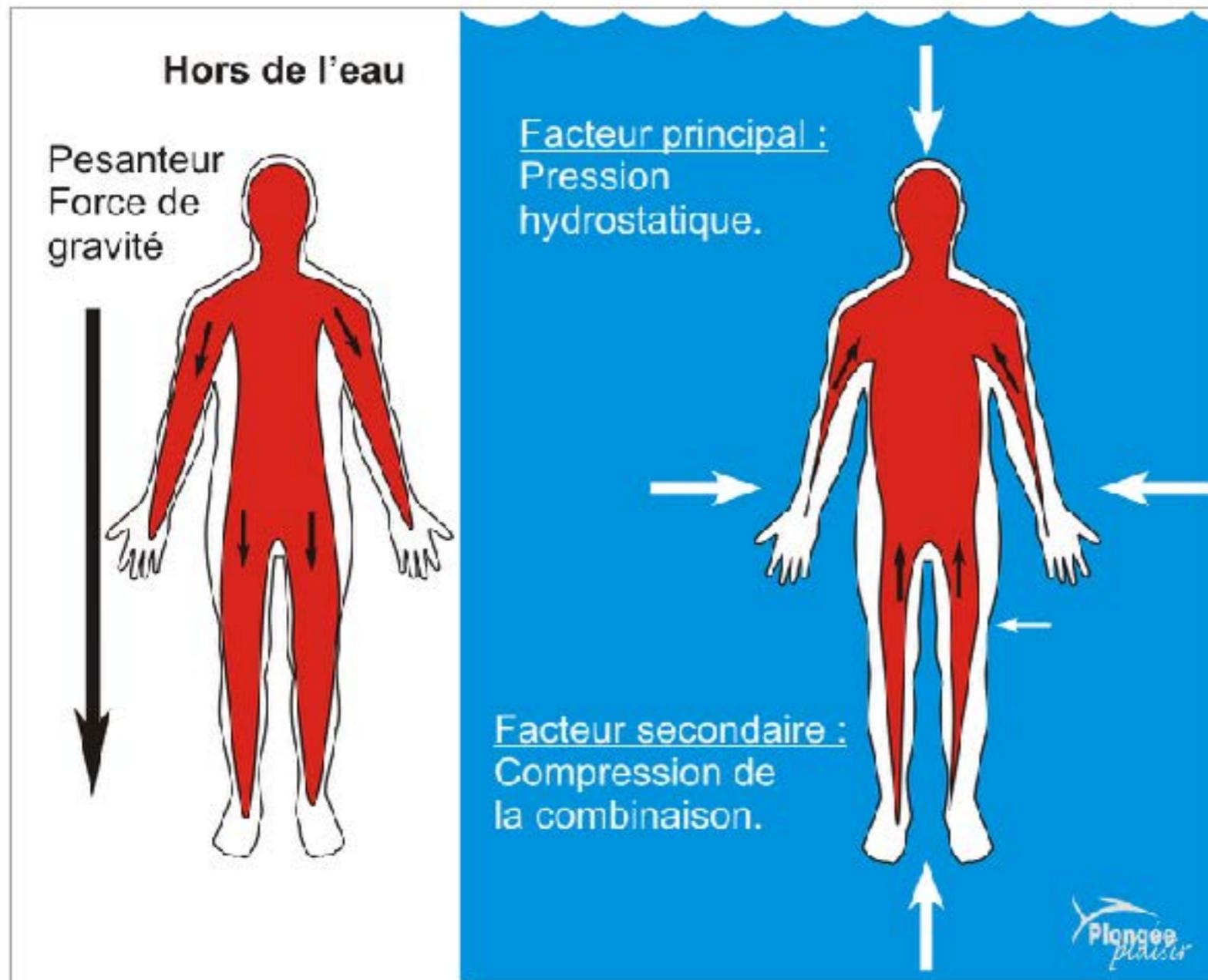


# Cas particulier de la diurèse d'immersion



- Redistribution des masses sanguines (augmentation du volume sanguin central de 0,7l).


$$DC=FC \times VES$$



- Le coeur reçoit plus de sang ce qui entraîne une augmentation du débit cardiaque (ce qui est détecté par des volo récepteurs situés dans le coeur).
- Il va chercher à diminuer ce débit en déclenchant 2 actions:



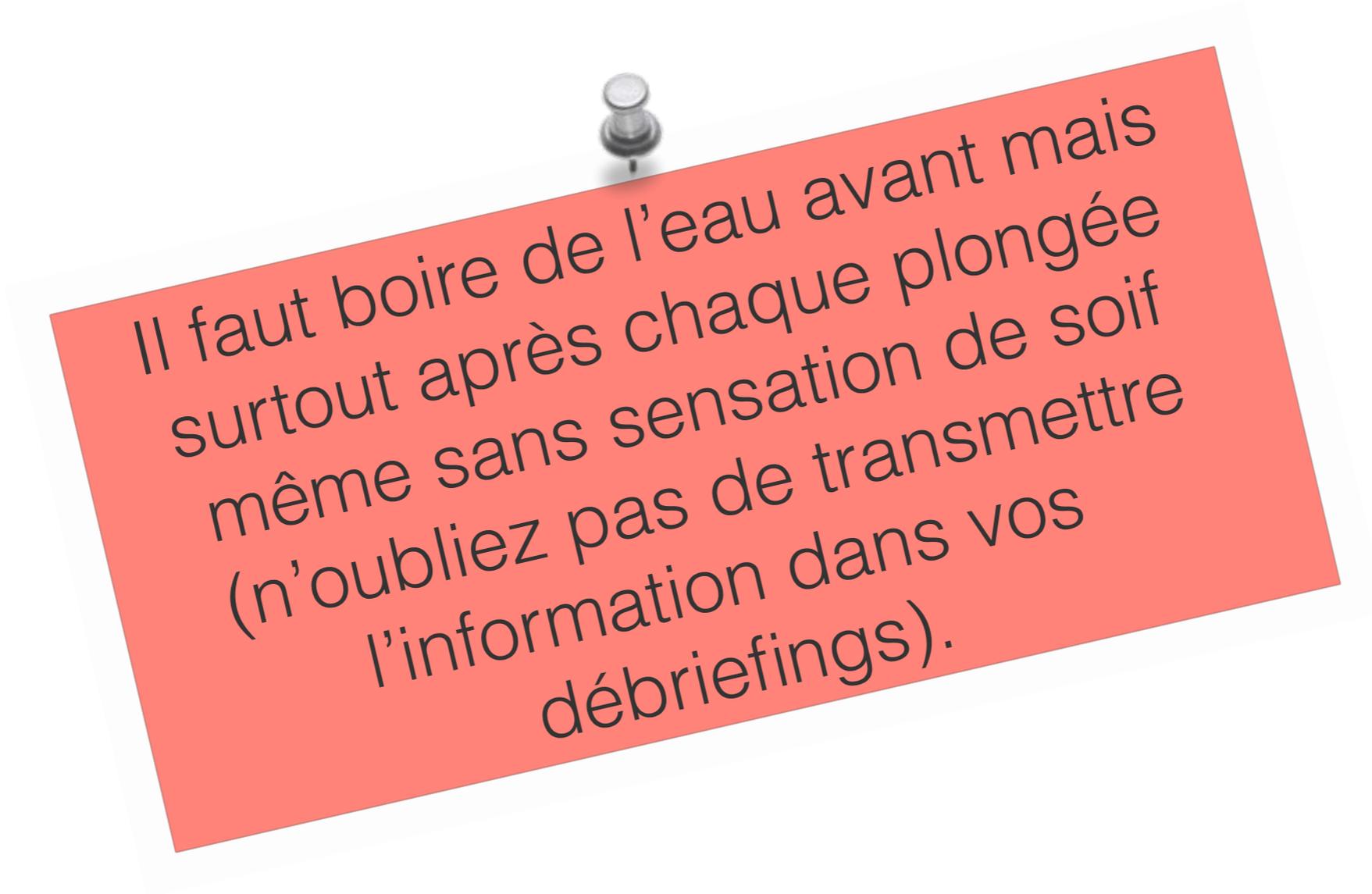
$DC=FC \times VES$

- 1ère action sur la fréquence cardiaque: bradycardie (provoquée par le système nerveux donc de durée limitée)
- 2ème action sur le volume d'éjection systolique: diurèse par blocage de la sécrétion d'ADH (passage d'eau de la circulation vers l'urine. Action plus durable car hormonale)
- Le volume sanguin ayant diminué, on retrouve un débit cardiaque proche de la normale (au bout de quelques dizaines de minutes) mais cela provoque une envie d'uriner.

De retour en surface, le sang reprend sa répartition habituelle dans le corps.

Mais la diurèse d'immersion entraîne une hypovolémie qui peut gêner l'élimination de l'azote et favoriser son accumulation dans certaines parties du corps, augmentant les risques d'accidents de désaturation.

De plus, en cas d'ADD, cela crée des complications par une augmentation de la viscosité du sang.



Il faut boire de l'eau avant mais surtout après chaque plongée même sans sensation de soif (n'oubliez pas de transmettre l'information dans vos débriefings).

Merci de votre attention

