

3.2 – Le système circulatoire

SBI 3U

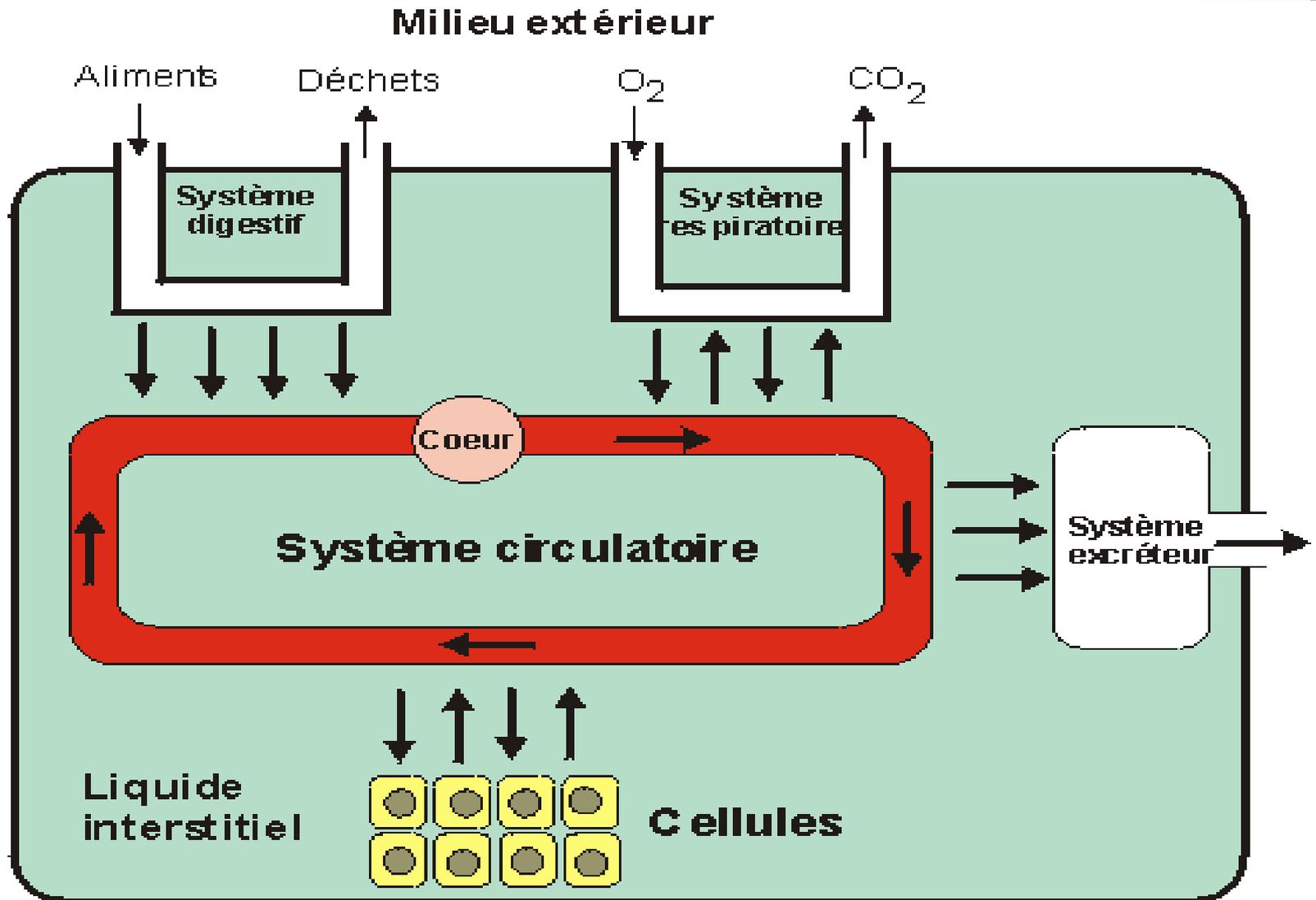
Animations pour l'introduction

- <http://video.vulgaris-medical.com/index.php/Cardiologie>

Introduction

- Le système circulatoire est relié à/au :
 - La respiration
 - La nutrition
 - L'immunité
 - Système endocrinien
 - La thermorégulation

L'organisation générale du système circulatoire



Le système circulatoire est un système fermé

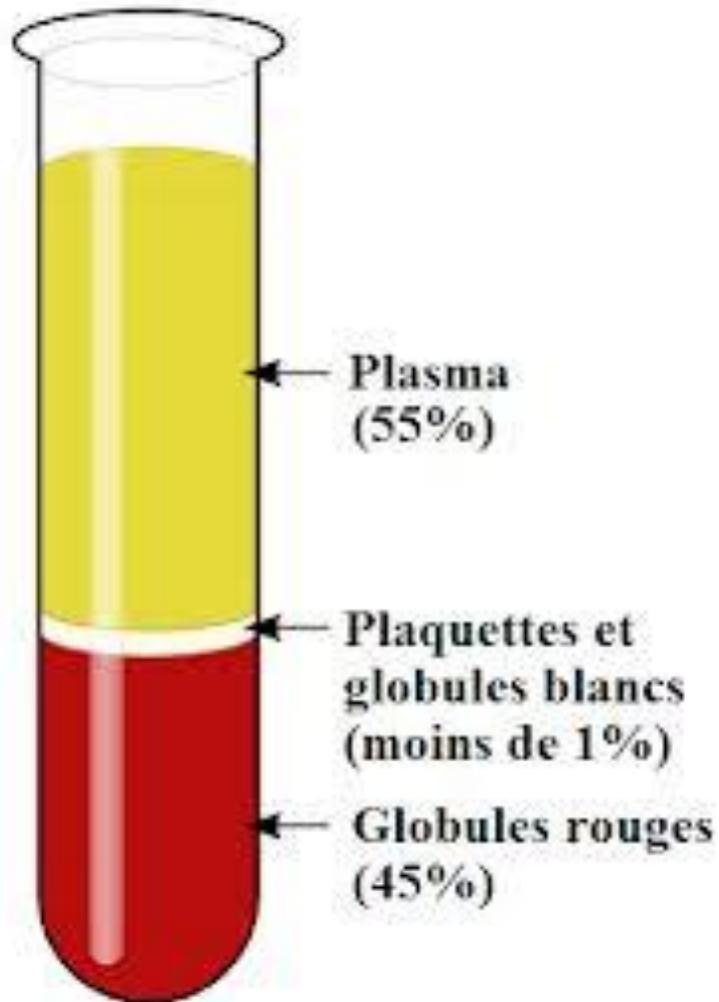
Le sang

- Tissu, circulant dans un système de tubes, épais, température de 37°C et un pH de 7,3.
- Sang oxygéné = écarlate, rouge « vif »
- Sang pauvre en O₂ = rouge sombre
- De façon général, les hommes ont 5 à 6 L de sang. Chez la femme, on parle de 4 à 5 L de sang.

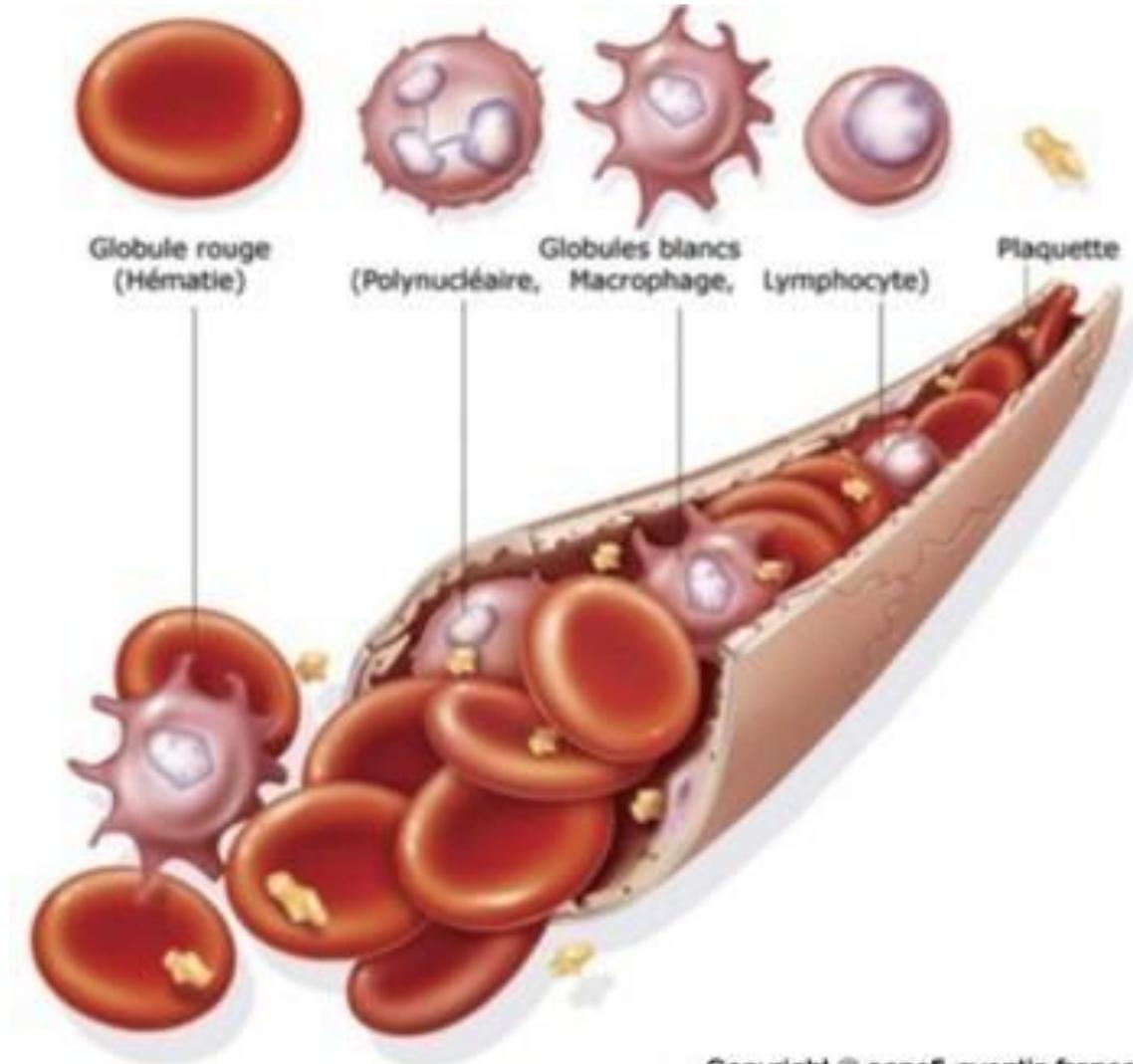
Les constituants du sang

- Il est fait de deux constituants distincts :
 - portion liquide : plasma sanguin
 - portion solide : se compose de différents types de cellules
- Les différents types de cellules :
 - globules rouges - érythrocytes
 - globules blancs - leucocytes
 - plaquettes sanguines - thrombocytes

Les constituants du sang



Les constituants du sang



Ses fonctions

- Pour assurer le bon fonctionnement des cellules, il faut que la composition du sang soit maintenue adéquate. Il sert au maintien de l'homéostasie :
 - Transport
 - Régulation
 - Protection

Transport

- Oxygène et de nutriments :
 - En provenance des poumons et du système digestif.
- Déchets :
 - Vers les poumons (CO₂) et les reins (déchets azotés).
- Hormones :
 - Des glandes endocrines vers les organes cibles.

Régulation

- Maintien de la température corporelle
 - Absorption, répartition et dissipation de chaleur
- Maintient du pH dans les tissus
 - Protéines servant de solution-tampon
- Maintient d'un volume adéquat de liquide
 - À l'aide l'érythropoïèse

Protection

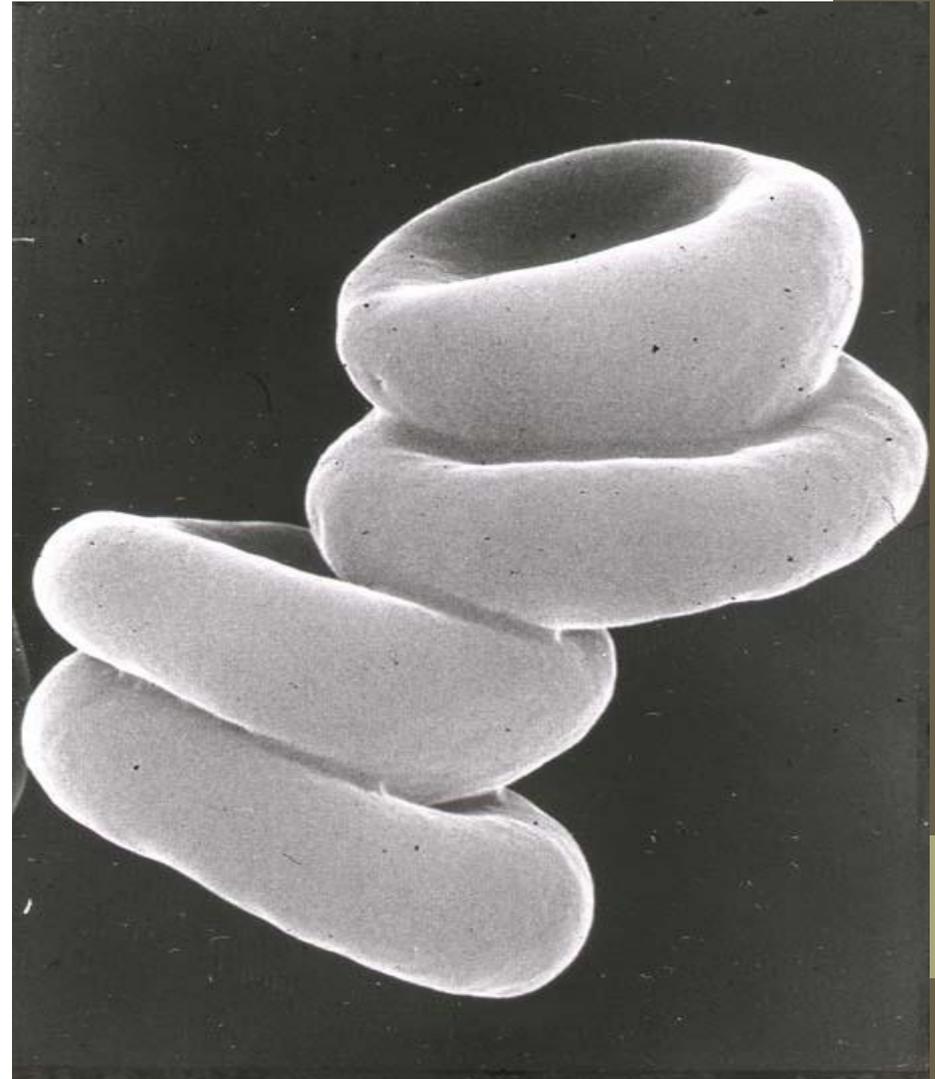
- Prévention de l'hémorragie
 - Via les plaquettes et les protéines sanguines
- Prévention de l'infection
 - Via les anticorps et les leucocytes

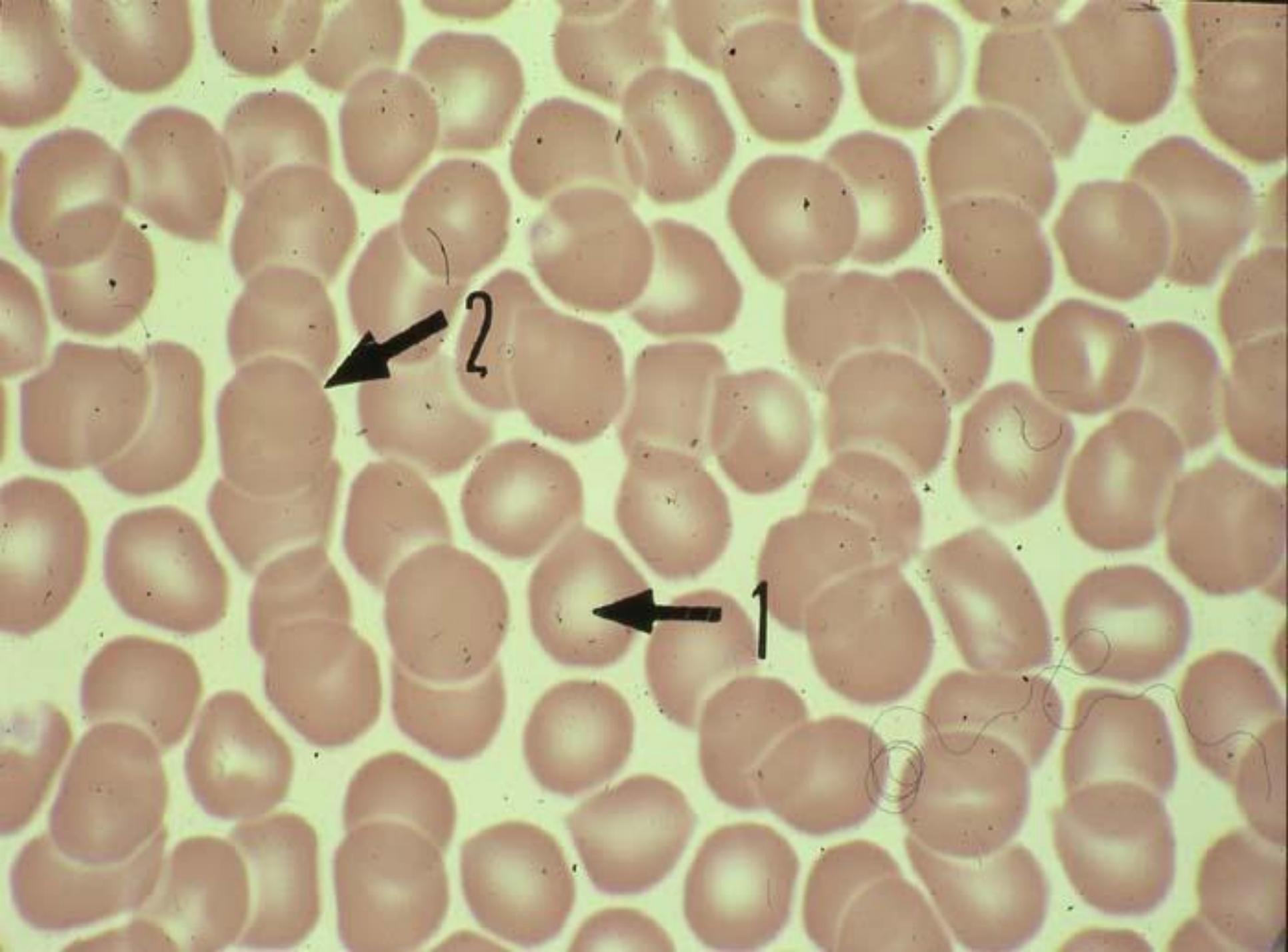
Plasma sanguin

- 55% du sang total
- 90% d'eau et 10% de solutés
 - Albumine : maintien du volume sanguin, de la pression sanguine et du pH
 - Globuline : certains agissent comme anticorps afin de défendre l'organisme
 - Fibrinogène : se transforme en fibrine lors de la coagulation du sang
- Transporte les globules sanguins et aide au maintien du bien-être de l'organisme.

Globules rouges

- Ils sont aussi appelés “érythrocytes”.
- Ces cellules sont des disques biconcaves sans noyau à maturité.
- Le rôle principal de ces cellules est de contenir l’Hb (hémoglobine).
- Ils sont des agents spécialisés dans le transport de l’oxygène.
- 5,5 millions par millilitre de sang.
- 44 - 45 % du sang.

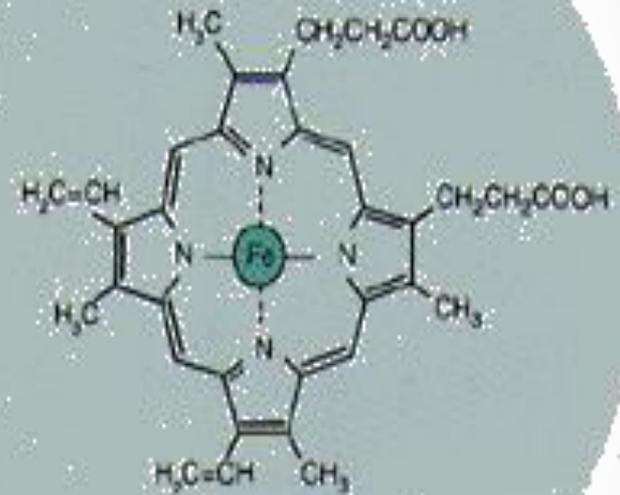
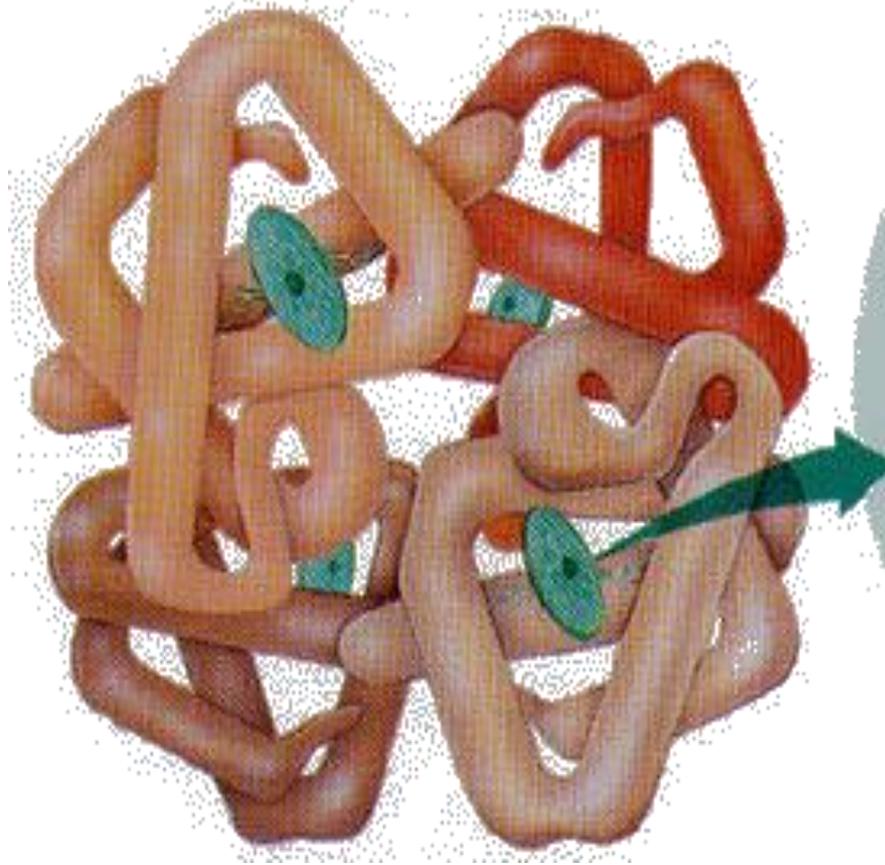




L'hémoglobine

- Macromolécule faite d'une protéine – globine.
- Oxyhémoglobine : l'oxygène qui se lie à l'hémoglobine.
- Relâche très rapidement et seulement aux zones de basse concentration en oxygène (exemple de diffusion).
- Carboxyhémoglobine (HbCO₂) : l'hémoglobine ramène une partie du CO₂ aux poumons.

La structure de l'hémoglobine et de l'hème



Pour votre info...

- L'assemblage de l'hémoglobine demande l'intervention de plusieurs cellules différentes. Nous avons ici un bel exemple de l'interaction fonctionnelle entre les différents organes.
- Les cellules du système digestif, via les processus de digestion et d'absorption, fournissent :
 - les acides aminés nécessaires à la fabrication de la globine par les cellules du foie,
 - le fer nécessaire à la fabrication du hème par les cellules de la moëlle osseuse,
 - le facteur intrinsèque qui permet l'absorption de la vitamine B12 indispensable à la maturation des globules rouges dans la moëlle osseuse rouge.
- Les cellules du foie via leurs processus de synthèse de molécules, fabriquent :
 - la globine qui, après avoir été transportée à la moëlle osseuse servira à la fabrication de l'hémoglobine,
 - une protéine plasmatique appelée "bêta-globuline" nécessaire au transport du fer dans le sang entre le tube digestif, le foie et la moëlle osseuse,
 - des réserves de fer sous forme d'une protéine appelée ferritine.
- Les cellules de la moëlle osseuse rouge, via leur processus de synthèse de molécules, fabriquent:
 - la molécule d'hémoglobine,
 - des réserves de fer sous forme de ferritine.
- Les cellules rénales qui produisent l'érythropoïétine nécessaire au contrôle de la fabrication des globules rouges.

Trouble érythrocytaire : l'anémie

- **Description**

- Diminution de la capacité du sang à transporter de l'oxygène

- **Causes :**

- Nombre insuffisant de globules rouges
- Diminution de la teneur en hémoglobine à cause d'une carence en fer

- **Symptômes :**

- Pâleur
- Sensation de fatigue / étourdissements
- Essoufflement plus prononcé durant un exercice
- Rythme cardiaque accéléré

Maux de tête

Vertiges

Essoufflement

Teint pâle

Fatigue anormale

Tachycardie

Perte de poids

Mains et pieds froids

Les principaux symptômes



La distribution d'oxygène perturbée

HÉMOGLOBINE
 Les globules rouges sont constitués d'un pigment (hème) qui leur donne la couleur rouge. **Le fer** se lie à ce pigment.

Le fer a des vertus «oxyphoriques» : il fixe l'oxygène et permet son transport



Si le nombre de globules rouges diminue **OU** Si les globules rouges s'appauvrissent en fer

La quantité d'oxygène véhiculée par le sang baisse



Les organes, privés de leur «carburant», peinent à fonctionner

Trouble érythrocytaire : la polycythémie

- **Description:**

- Excès de globules rouges

- **Causes:**

- Diminution de la disponibilité de l'oxygène. Comme le sang reçoit moins d'oxygène, l'organisme tente de compenser cette baisse en fabriquant davantage de globules rouges. Le processus continue sans arrêt jusqu'à ce qu'il y ait trop de globules rouges.
- Cancer de la moelle osseuse
- Augmentation de la production d'érythropoïétine

- **Symptômes**

- Étourdissements
- Rougeur du visage et des mains
- Faiblesse
- Maux de tête
- Troubles de la vision



Articles

- L'anémie

<http://www.cfpc.ca/French/cfpc/programs/patient%20education/anemia/default.asp>

- La polycythémie

http://sante.canoe.com/channel_condition_info_details.asp?disease_id=280&channel_id=2025&relation_id=16905

Un petit casse-tête...

- Tenter de résoudre ce casse-tête :

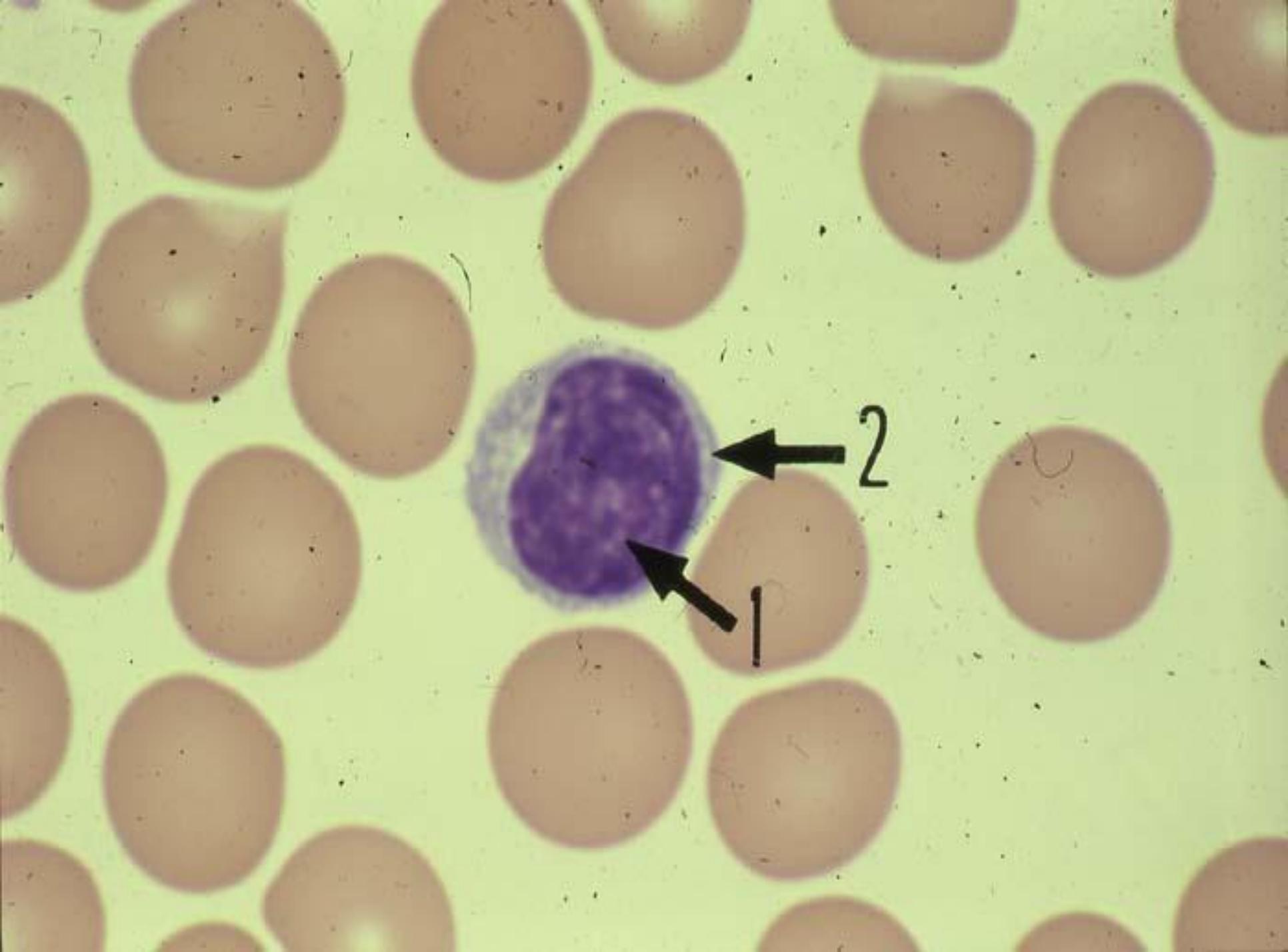
<http://www.cellsalive.com/puzzles/index.htm>

Globules blancs

- Ils sont aussi appelés “leucocytes”.
- Il y a plusieurs types de leucocytes :
 - lymphocytes T
 - lymphocytes B
 - macrophage
- Ils sont deux fois plus gros que les globules rouges.
- Avec noyau.
- 7000 par millilitre de sang.
- Ils se déplacent de façon autonome.
- 1 % du sang.

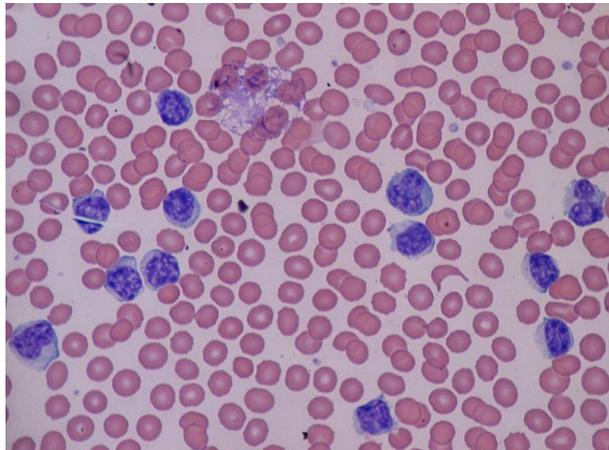
Globules blancs

- Rôle : combattre la maladie.
- Face à un intrus, ils peuvent défendre l'organisme par phagocytose; responsable de la réaction inflammatoire et de la formation du pus.
- Phagocytose : mécanisme par lequel certaines cellules vivantes englobent et digèrent certaines particules étrangères.
- Ils éliminent aussi les vieilles cellules usées.

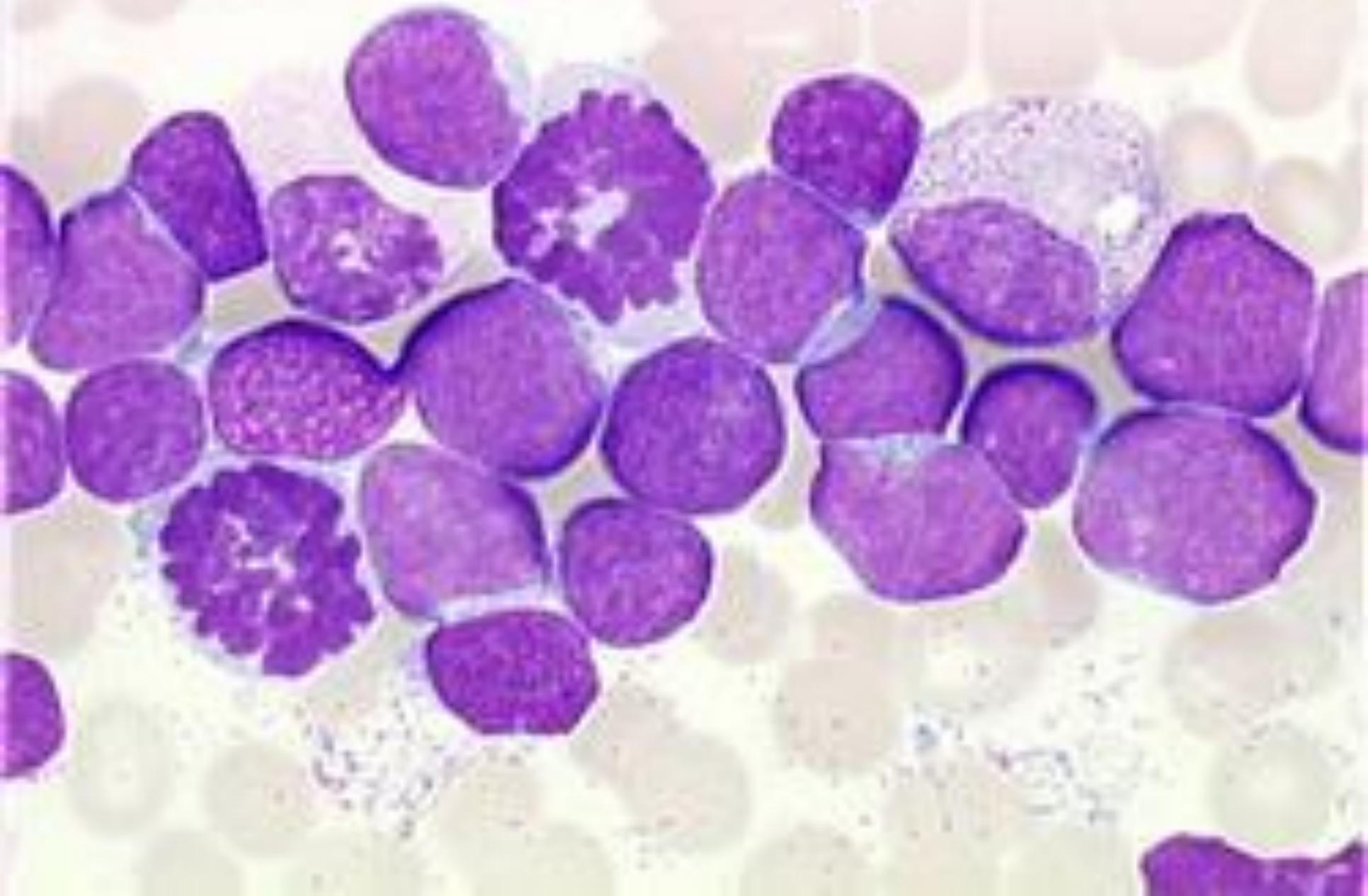


Troubles leucocytaires

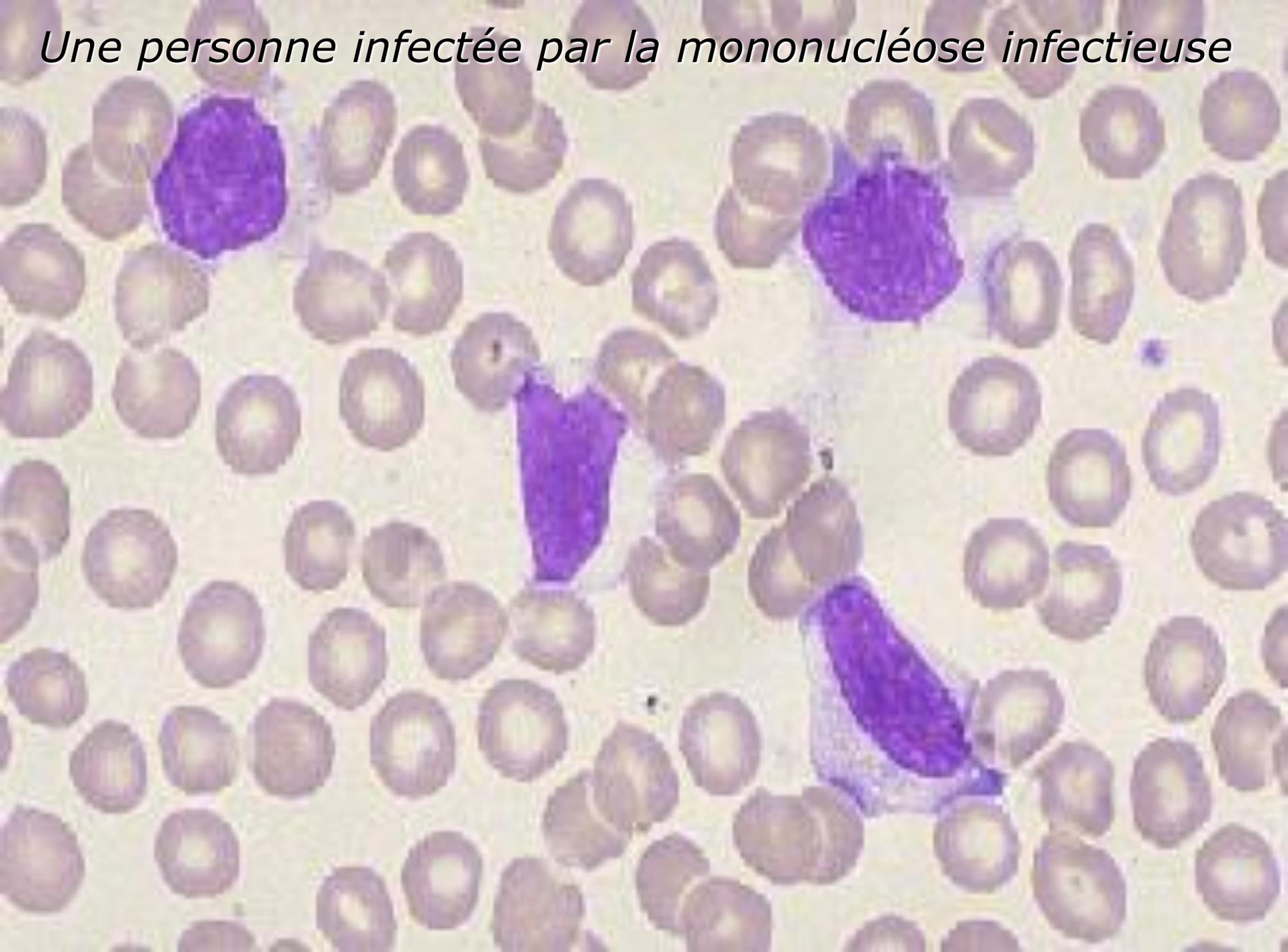
- Production excessive de leucocytes anormaux.
- Leucémie (cancer des globules blancs)
 - Pas de différenciation et mitose constante
- Mononucléose infectieuse
 - Affection virale (virus Epstein-Barr)
 - Nombre excessif de lymphocytes B



Une personne infectée par la leucémie

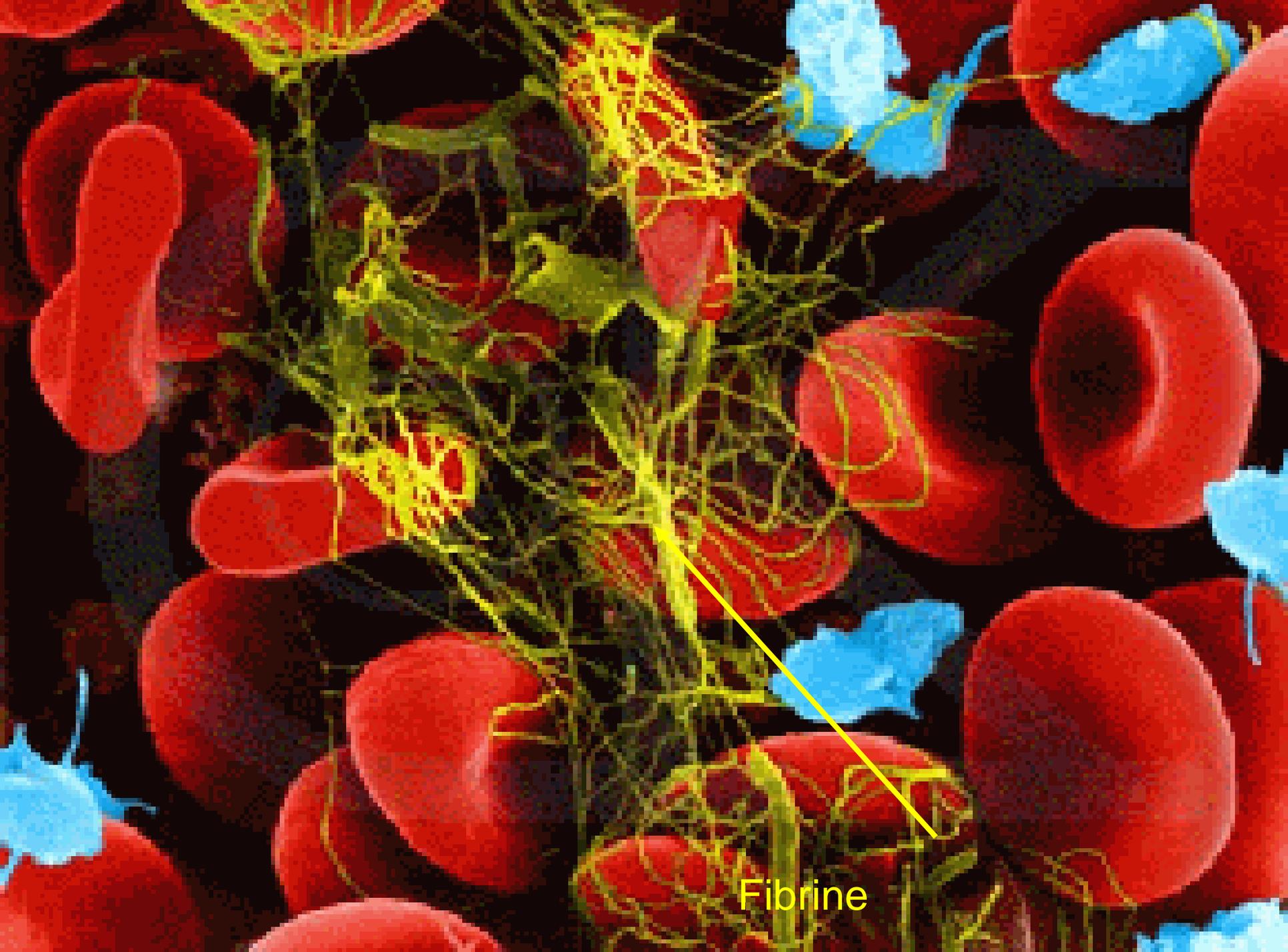


Une personne infectée par la mononucléose infectieuse



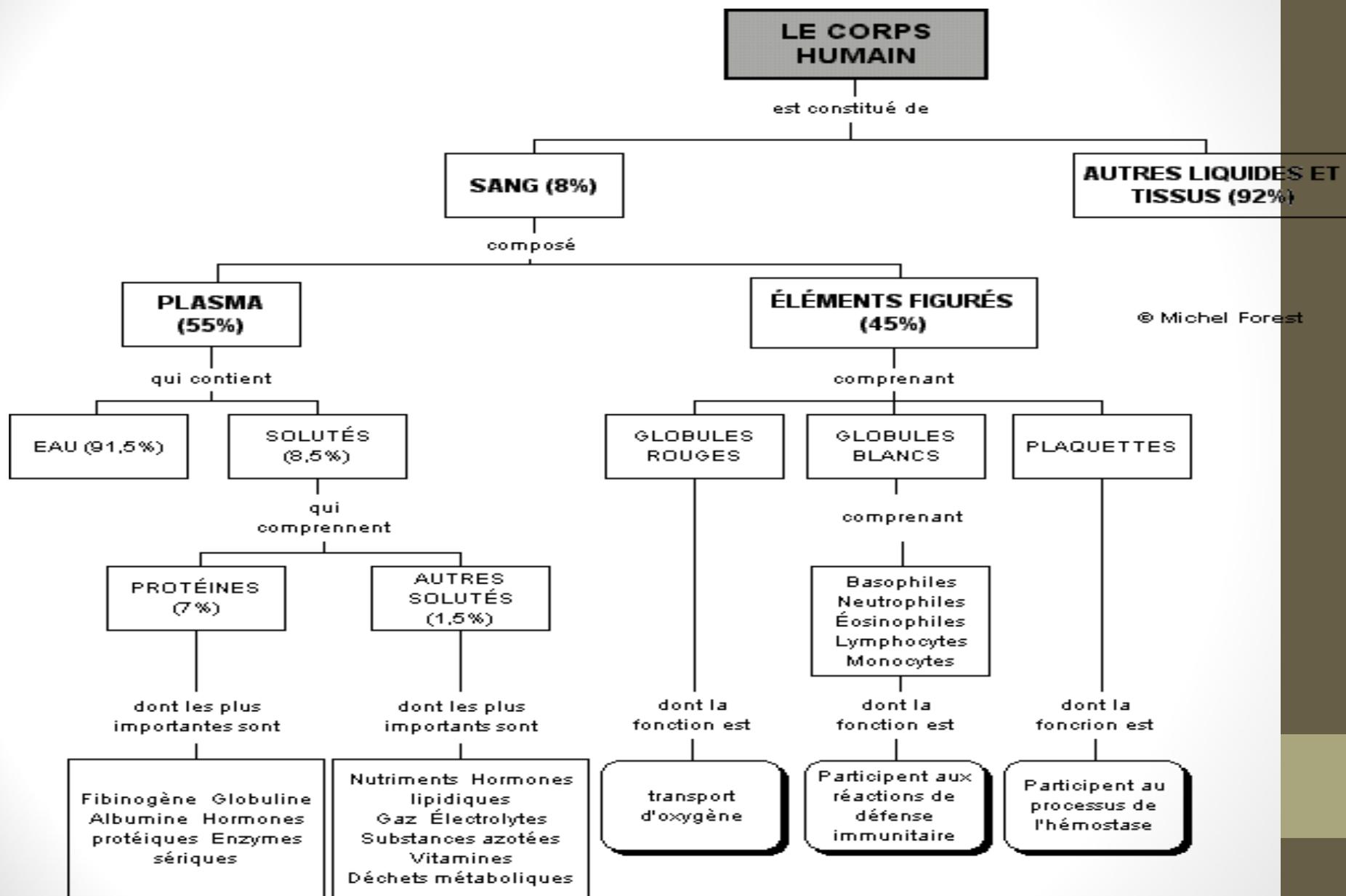
Plaquettes sanguines

- 300 000 par millilitre de sang.
- Elles sont sans noyau.
- Elles ne sont pas des cellules : ce sont des fragments de cellules qui se forment quand les cellules plus grandes de la moelle osseuse se décomposent.
- Responsable de la coagulation du sang.
- Chaque plaquette ne dure que de 7 à 10 jours environ.



Fibrine

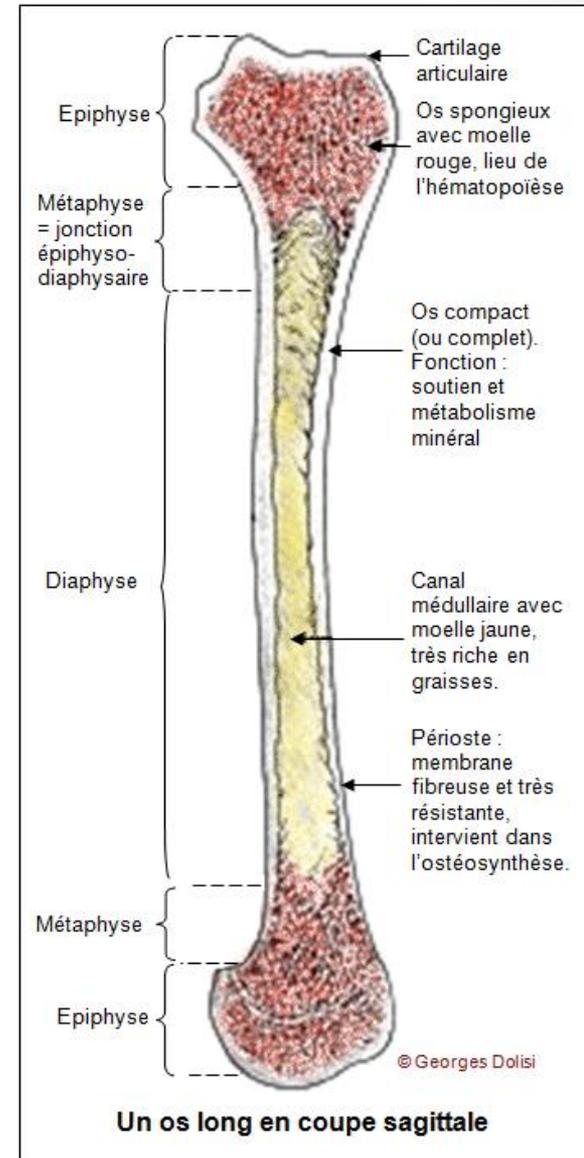
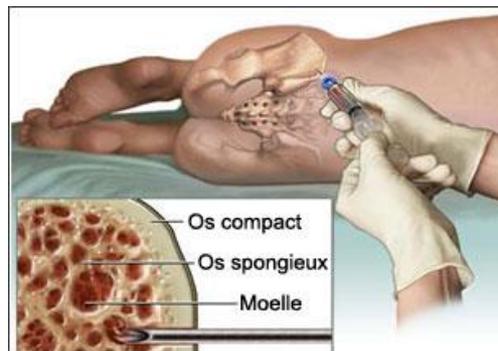
Un petit résumé



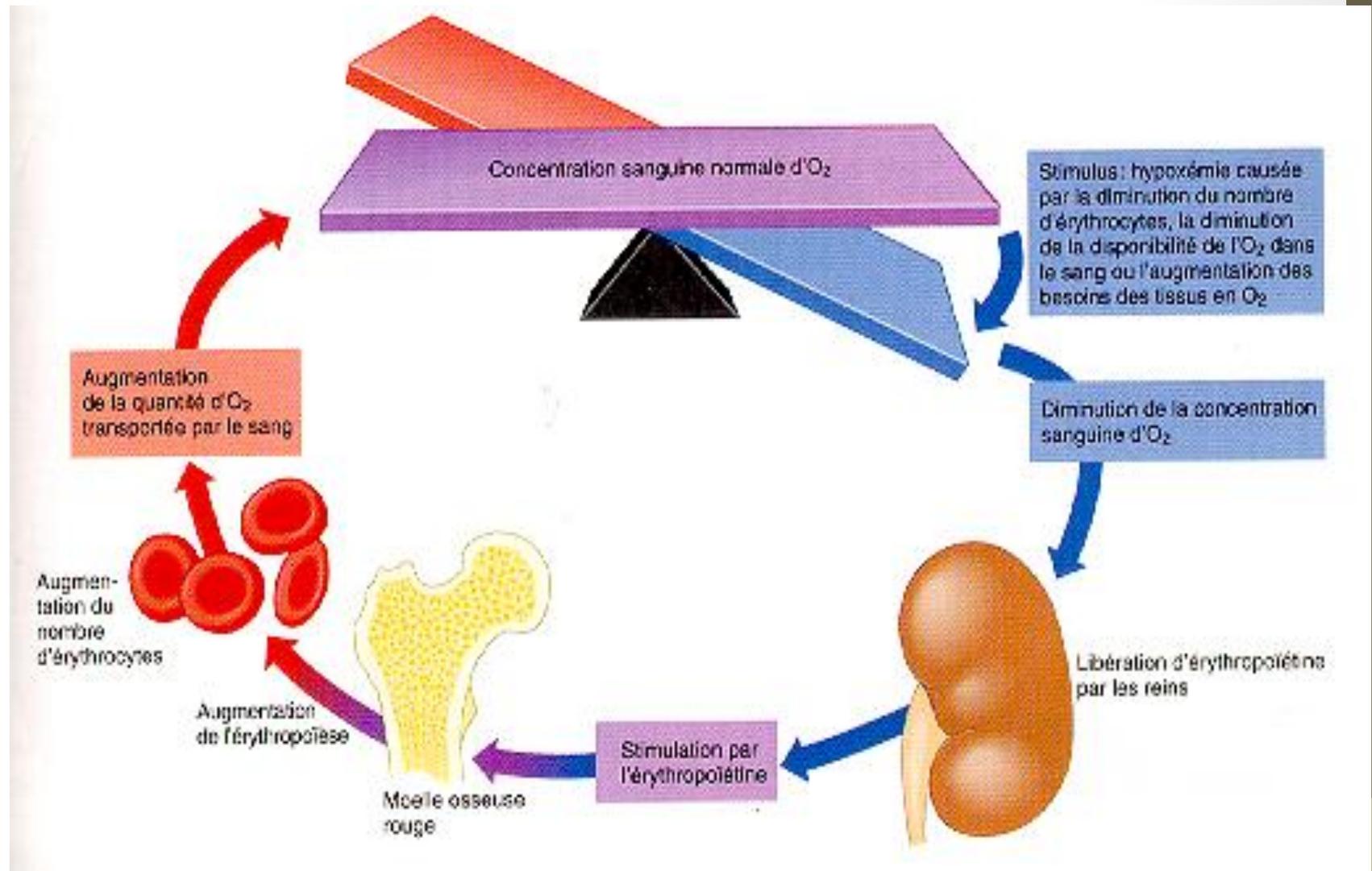
© Michel Forest

Origine des cellules sanguines

- Toutes les cellules sanguines proviennent de la moelle osseuse des os (ex : fémur, humérus, vertèbres, crâne, etc...).
- On considère la moelle rouge comme l'usine qui fabrique la plupart des cellules du sang.
- Chez l'être humain, tous les os ont de la moelle osseuse.
- En cas de grossesse ou la vie en haute altitude, la moelle osseuse s'adapte et augmente sa production de cellules sanguines.



L'érythropoïèse



Afin de faire la synthèse de l'hémoglobine, il est nécessaire d'avoir un apport suffisant en fer et vitamines B.

Production des globules rouges (érythropoïèse) contrôlée par l'hormone **érythropoïétine (EPO)** produite par les reins.

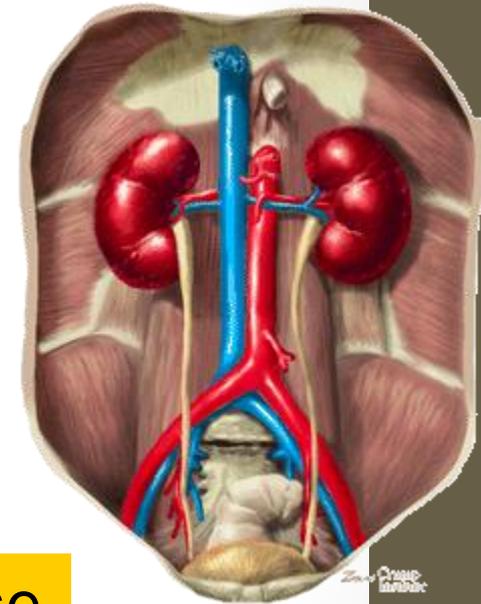
↓ O₂ au niveau des reins



Sécrétion d 'EPO par les reins



↑ Érythropoïèse dans la moelle osseuse



Ex. adaptation à l'altitude

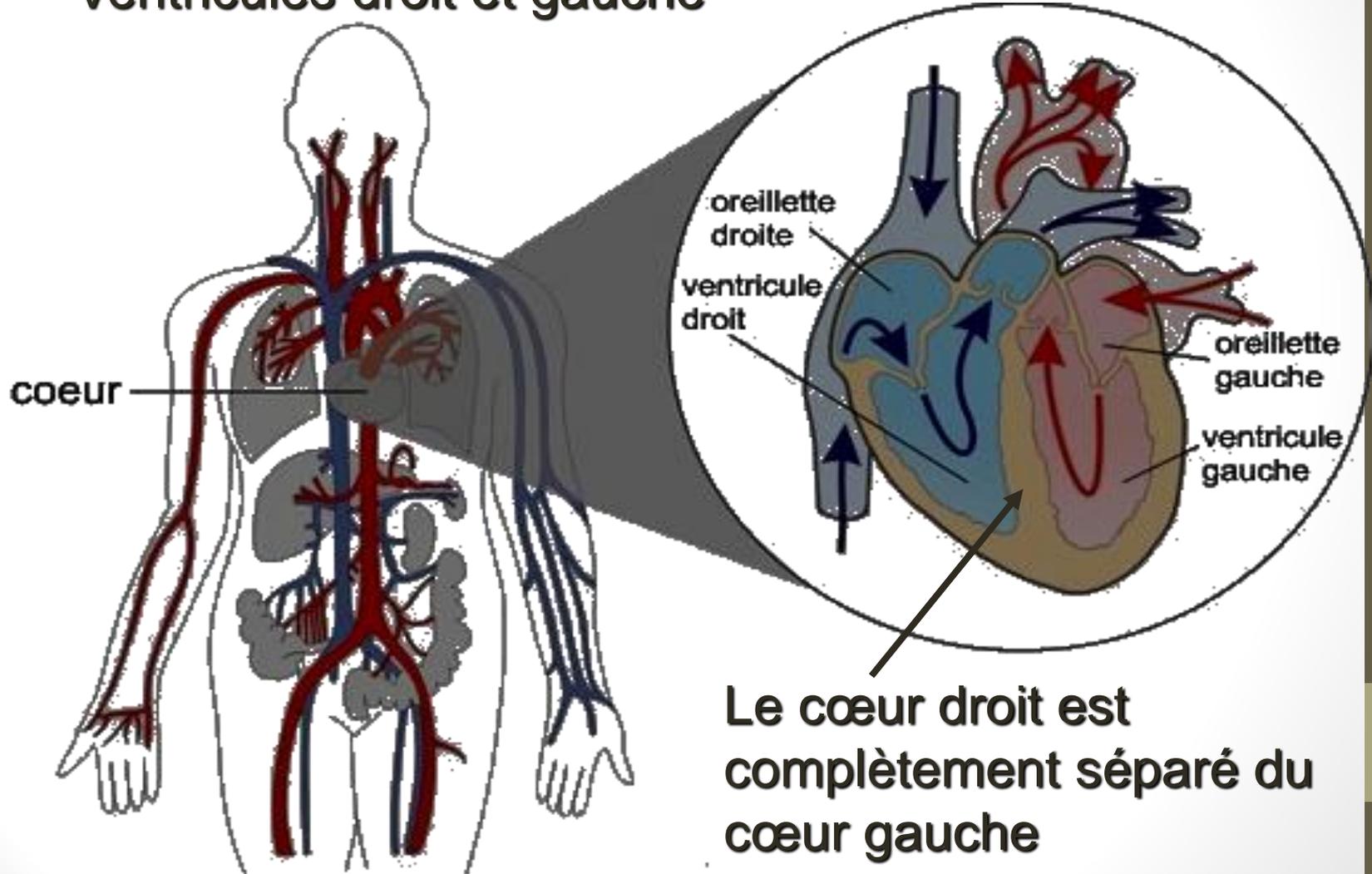
EPO prise illégalement par certains athlètes

Le cœur

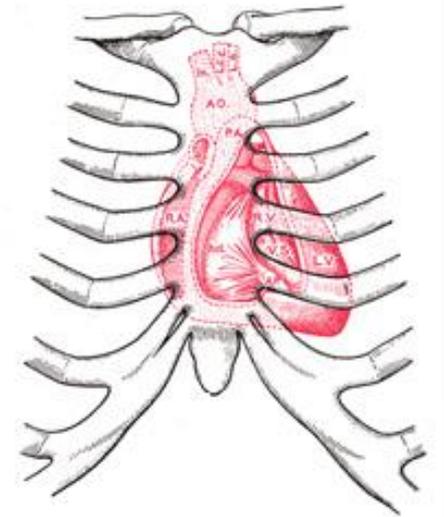
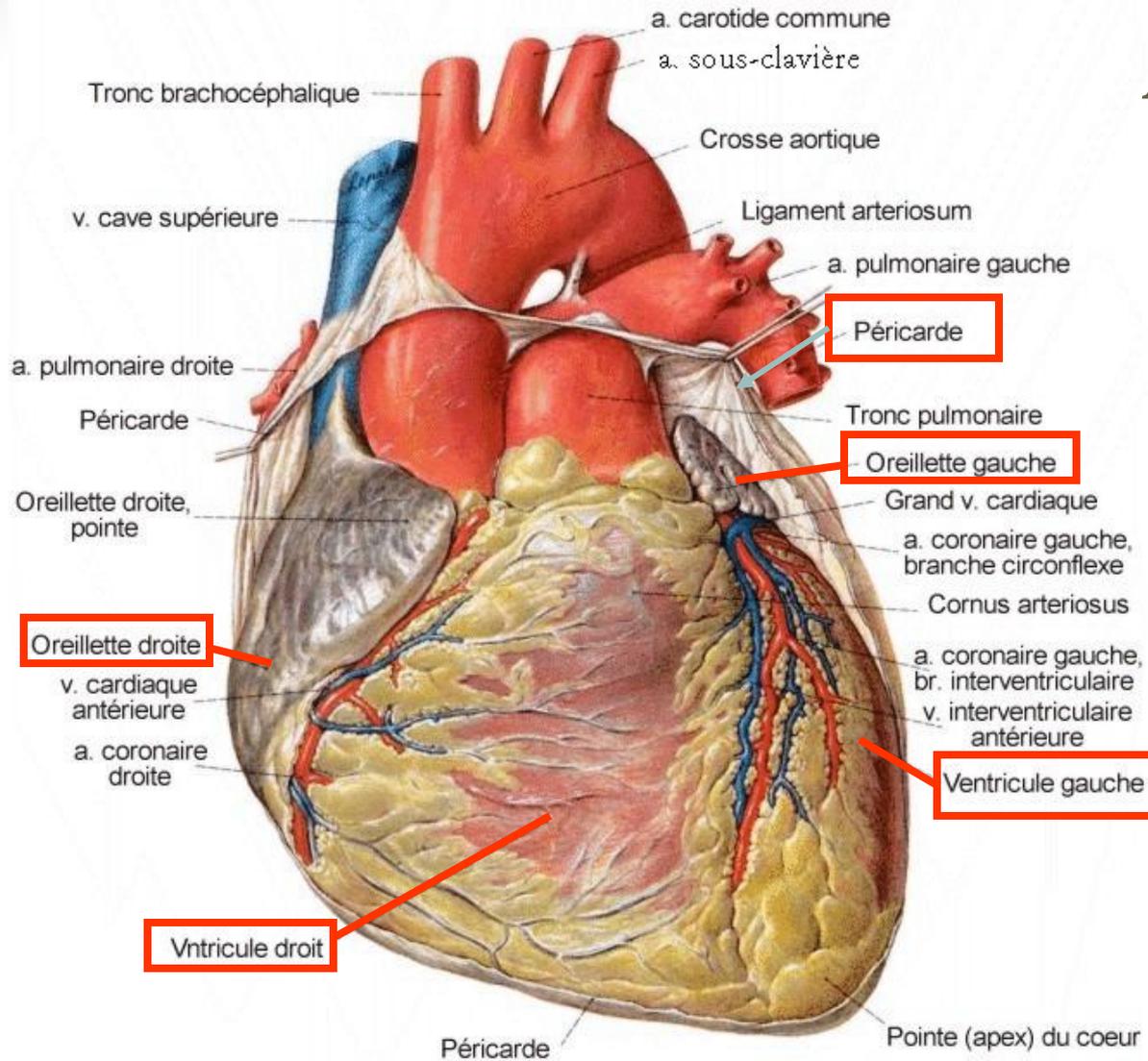
- Le cœur est la pompe qui déplace les liquides du corps.
- Grosseur du poing, masse environ 300g.
- Anatomie externe :
 - Le cœur est incliné vers la gauche dans la cage thoracique entre les 5^e et 6^e côtes.
 - Le cœur a 4 compartiments : oreillettes droite, oreillette gauche, ventricule gauche, ventricule droit.

Cœur divisé en 4 cavités :

- Oreillettes droite et gauche
- Ventricules droit et gauche

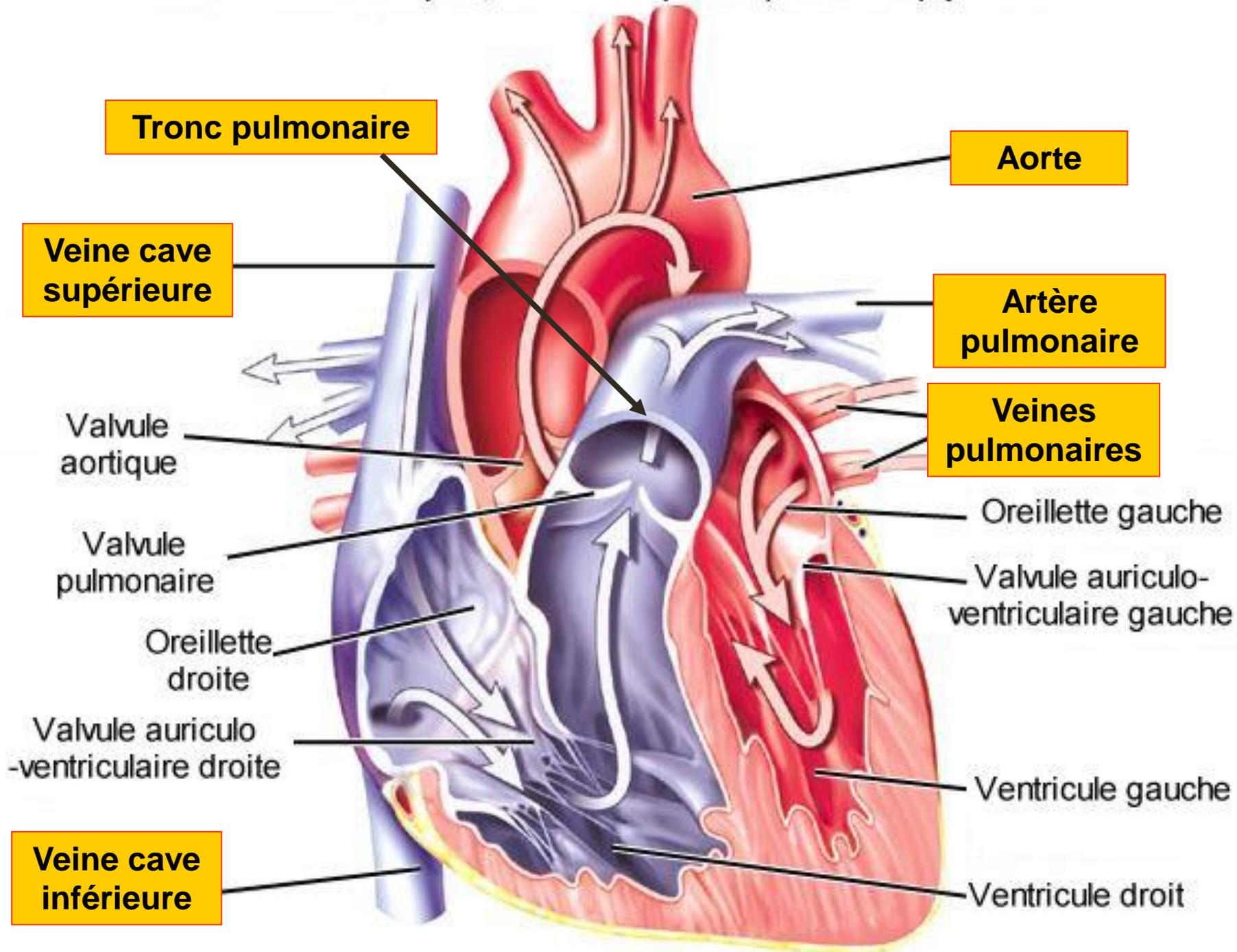


Le coeur

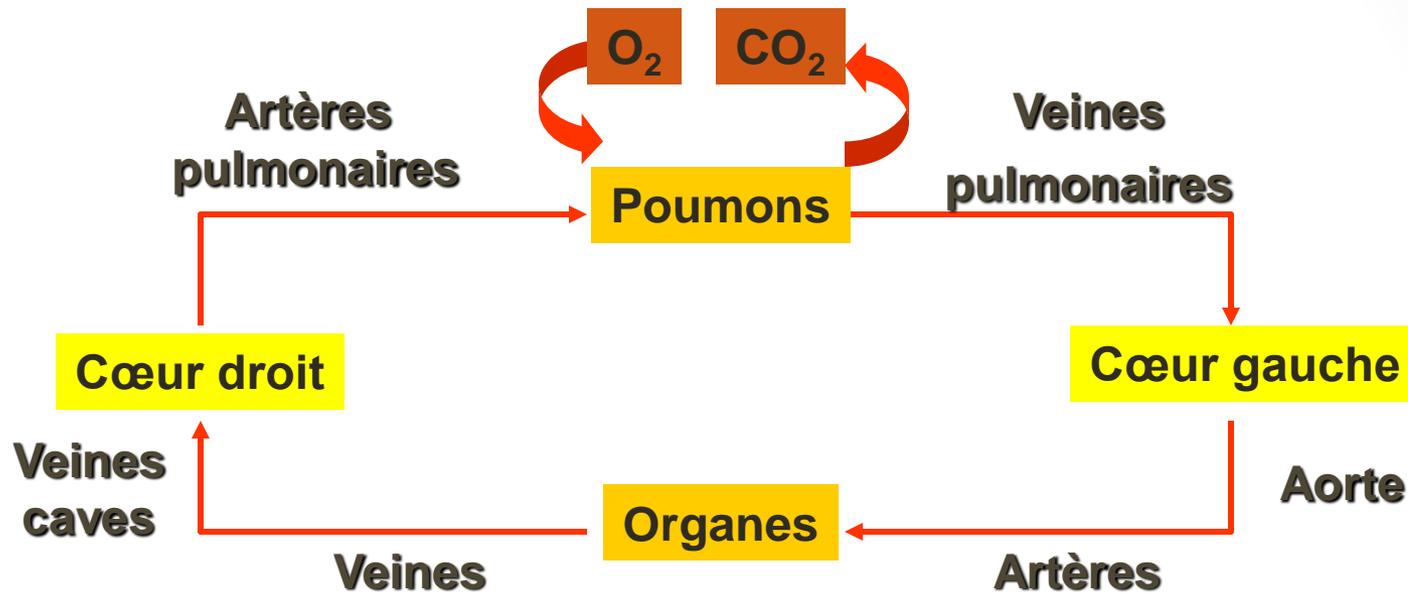


Le cœur

- Anatomie interne : côté droit du cœur :
 - Veine cave supérieure et veine cave inférieure
 - Oreillette droite
 - Ventricule droit
 - Artères pulmonaires droites
 - Veines pulmonaires droites
 - Valvules auriculo-ventriculaire (tricuspides)
 - Valvule pulmonaire
- Anatomie interne : côté gauche du cœur :
 - Veines pulmonaires gauches
 - Artères pulmonaires gauches
 - Oreillette gauche
 - Ventricule gauche
 - Valvules auriculo-ventriculaire (bicuspidés)
 - Valvule aortique
- Aorte : reçoit le sang du ventricule gauche et transporte le sang jusqu'au différents tissus de l'organisme.



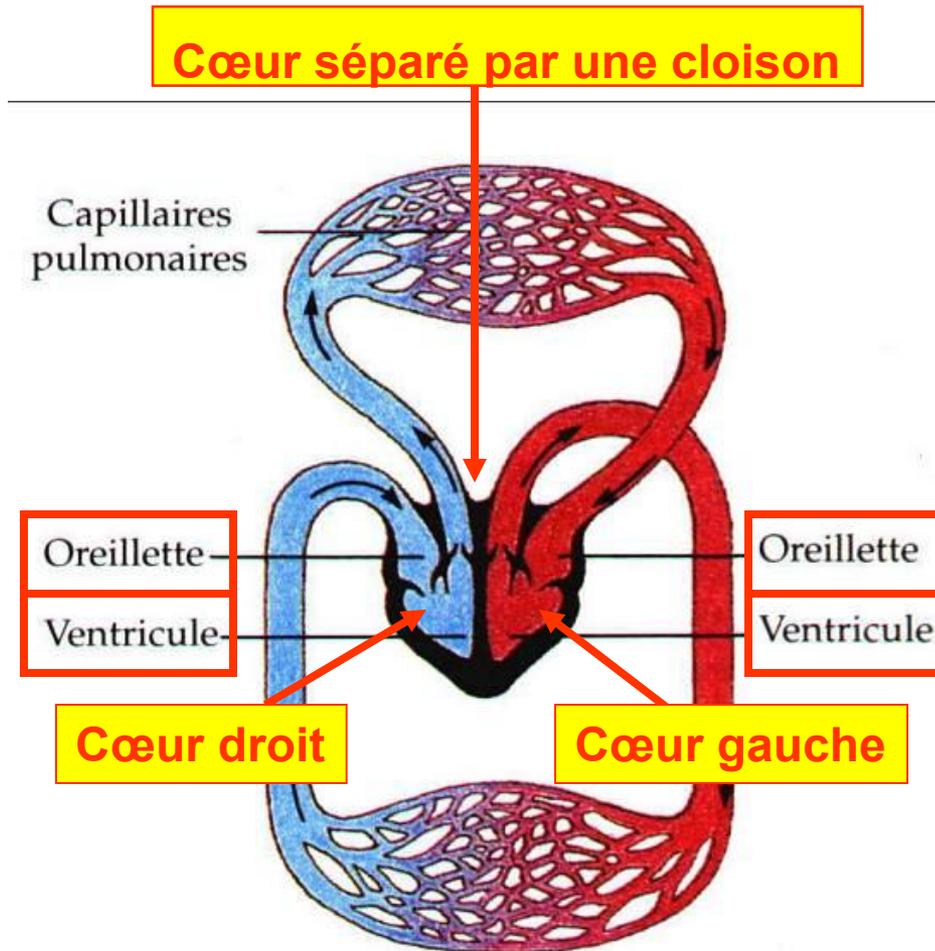
Cœur divisé en deux côtés :



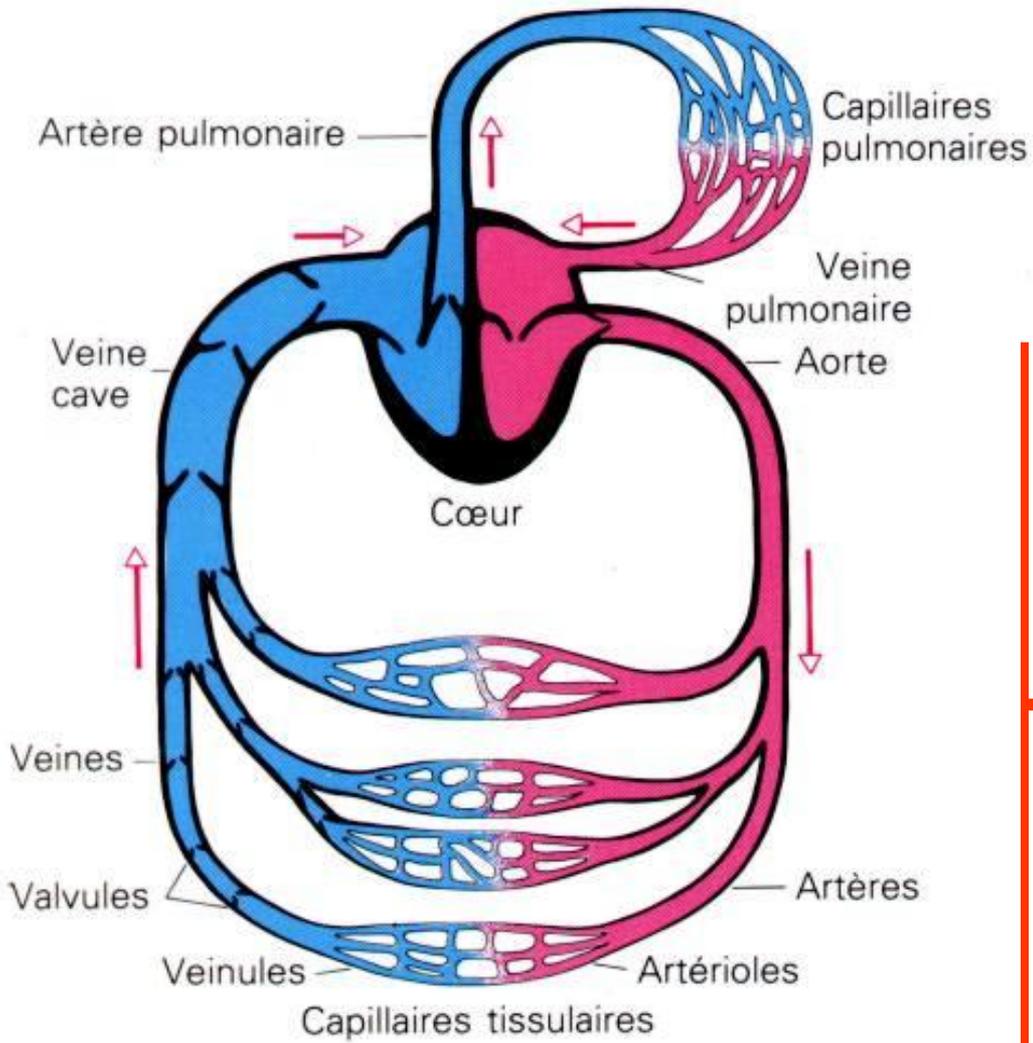
Artères : cœur → organes

Veines : organes → cœur

Le coeur



Chaque côté divisé en une oreillette et un ventricule.



**Circulation
pulmonaire**

**Circulation
systémique**

Veine cave
supérieur

Veine
pulmonaire



Artère
pulmonaire

AORTE

Types de circulations

- Circulation cardiaque :
 - C'est le circuit que le sang entreprend dans le coeur.
- Circulation pulmonaire :
 - Les vaisseaux qui apportent le sang dans les poumons et qui le retournent ensuite au coeur forment la circulation pulmonaire. La fonction de cette circulation est d'assurer les échanges gazeux en permettant au sang de se débarrasser de son gaz carbonique pour lui fournir de l'oxygène (ventricule droit à oreillette gauche).
- Circulation systémique :
 - Les vaisseaux qui transportent le sang vers les tissus de l'organisme et le rapportent au coeur constituent la circulation systémique (ventricule gauche à oreillette droite).

La circulation du sang dans l'organisme

- Le circuit du sang

<http://www.ehecsetmaths.com/site%20coeur/parcoursang.htm>

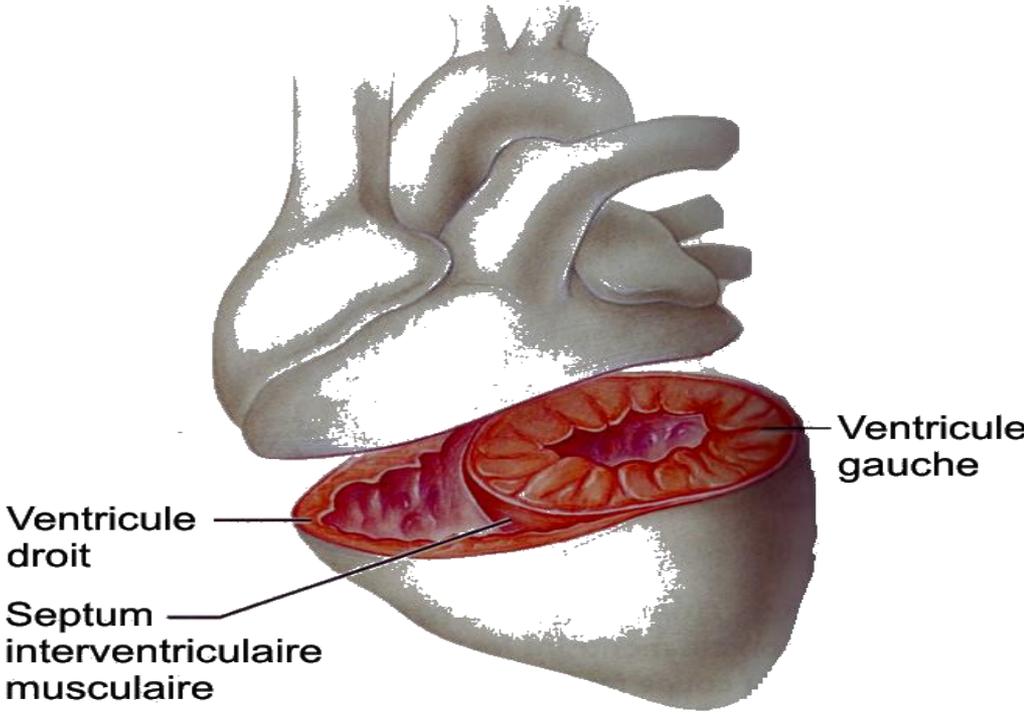
- Anatomie, physiologie du cœur et circulation cardiaque

<http://video.vulgaris-medical.com/index.php/2007/07/30/7-coeur>

Circulation du sang

- Les deux oreillettes se contractent simultanément, et les deux ventricules se contractent ensemble, peu de temps après. Cette double action de pompage pousse le sang dans le cycle cardiaque.
- Fonction des oreillettes :
 - propulser le sang dans les ventricules.
- Fonction des ventricules :
 - propulser le sang dans les vaisseaux sanguins de la circulation pulmonaire et systémique.

La paroi du ventricule gauche est plus épaisse que la droite.
Voyez-vous pourquoi ?



...car il doit propulser le sang sur la distance la plus longue.

Circulation du sang

- Le sang passe des oreillettes aux ventricules, mais pas l'inverse.
- Le sang passe des ventricules aux artères, mais pas l'inverse.



Circulation du sang

- Chaque moitié du coeur fonctionne séparément l'un de l'autre.
- **Le côté *droit* du coeur est chargé de renvoyer le *sang pauvre en oxygène aux poumons*** pour éliminer le dioxyde de carbone (CO₂) et ré-oxygéner le sang. L'oreillette droite reçoit le sang veineux apporté par la veine cave (inférieure/supérieure). Le sang est ensuite propulsé dans le ventricule droit. Lorsque ce dernier se contracte, le sang pénètre dans l'artère pulmonaire et dans les deux poumons. ***L'artère pulmonaire est la seule artère de l'organisme à transporter le sang pauvre en oxygène.***

Circulation du sang

- **Le côté *gauche* du coeur reçoit le sang fraîchement oxygéné provenant des poumons et le redistribue dans tout le coeur.**
- Le sang oxygéné pénètre dans l'oreillette gauche par les quatre **(4) veines pulmonaires. Ce sont les seules veines de l'organisme à transporter le sang oxygéné.** Le sang est ensuite propulsé dans le ventricule gauche et doit traverser la valve mitrale, qui contrôle le débit. Les parois du ventricule gauche sont trois fois plus grosses que les parois du ventricule droit. L'épaisseur du muscle cardiaque donne au ventricule gauche la puissance nécessaire pour pomper le sang dans tout le coeur, de la tête aux pieds. Lorsque ton coeur se contracte, le sang est propulsé à travers la valve aortique dans **l'aorte, qui est le plus gros vaisseau de l'organisme**, et distribué dans le corps par l'intermédiaire d'un réseau d'artères.

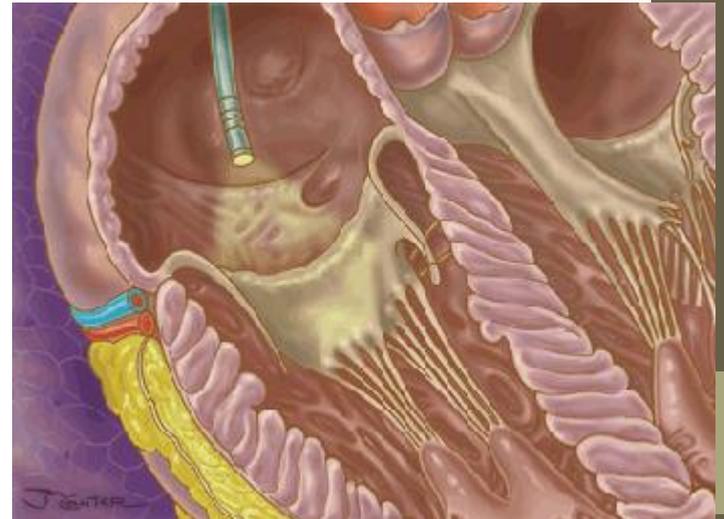
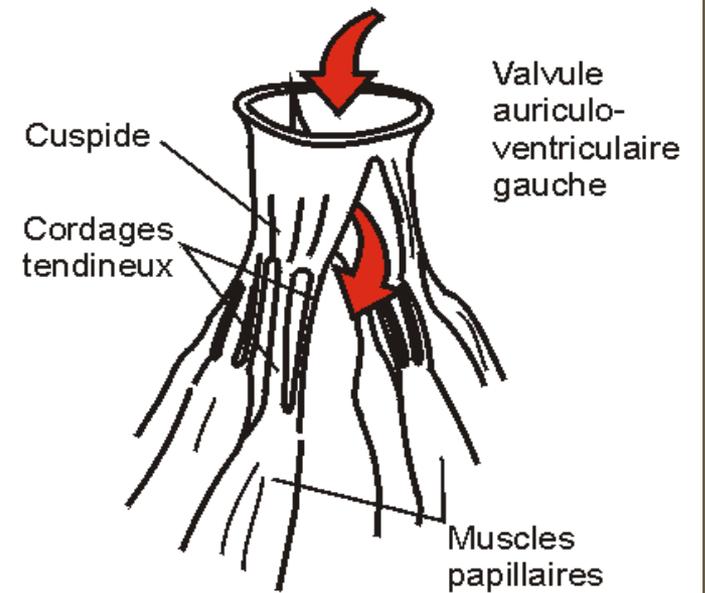
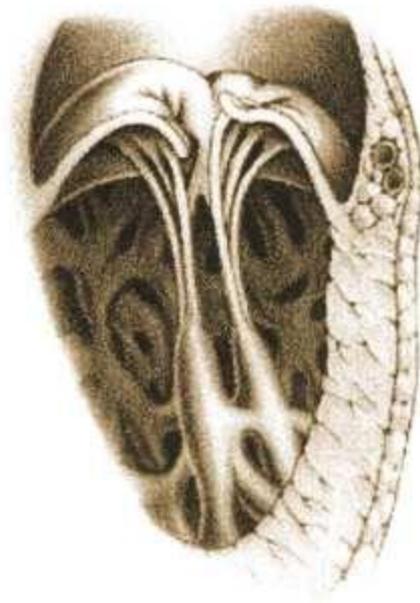
Résumé du trajet

- Le sang oxygéné passe à travers les 4 veines pulmonaires.
- Ensuite, il va dans l'oreillette gauche ensuite dans le ventricule gauche.
- Après il va dans l'aorte où le sang oxygéné est distribué dans tous les tissus.
- Ensuite les tissus utilisent l'oxygène et les nutriments et rejettent du sang pauvre en oxygène.
- Ensuite, le sang pauvre en oxygène va dans la veine cave supérieure.
- Il entre ensuite dans l'oreillette droite et le ventricule droit.
- Passe ensuite dans l'artère pulmonaire pour se ré-oxygéner et reprendre le même processus qu'au début, c'est-à-dire que le sang oxygéné passe par les 4 veines pulmonaires...

Valvules auriculo-ventriculaires

Droite = *tricuspide*

Gauche = *bicuspide ou mitrale*

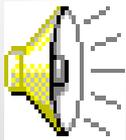
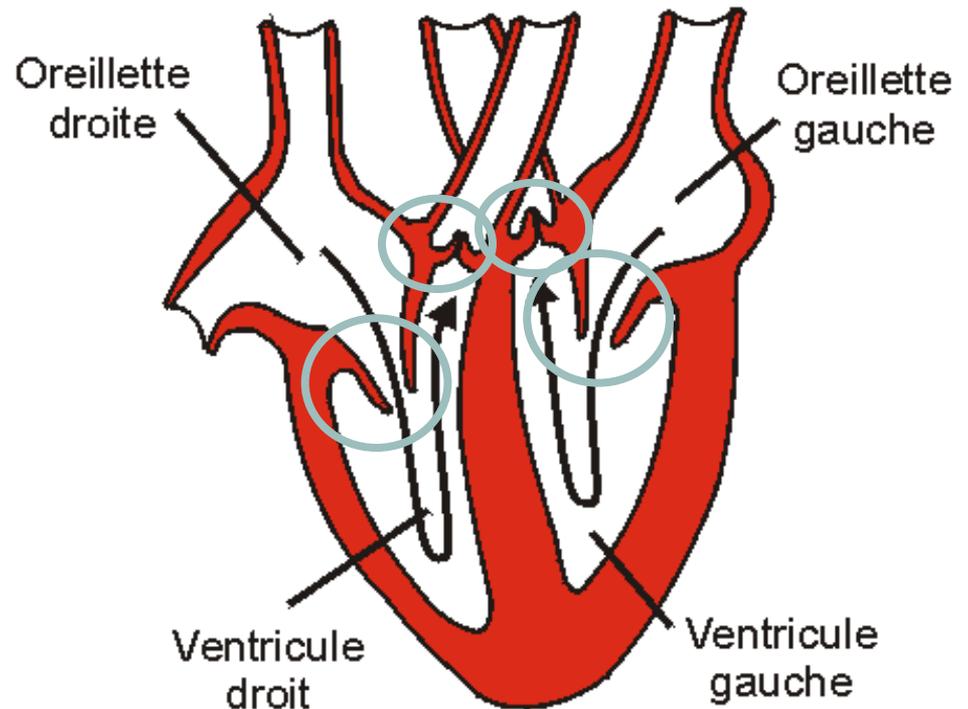


Les bruits du coeur

- Le premier bruit : le bruit le plus faible est produit par la fermeture des valvules tricuspides et bicuspidés.
- Le deuxième bruit : le bruit le plus fort correspond à la fermeture des valvules sigmoïdes situées entre les ventricules et les artères, après la contraction des ventricules.

Valvules auriculo-ventriculaires

Valvules sigmoïdes
(aortique et pulmonaire)



Le sang peut passer dans le sens contraire de son trajet normal si une valvule ne se ferme pas de façon hermétique. Le sang qui « revient sur ses pas » en passant par une valvule mal fermée subit un écoulement turbulent qui se manifeste par un son « chuintant » qui peut être entendu à l'auscultation. C'est ce qu'on appelle un **souffle au cœur**.

Écoutez :



(.wav)



(.wav)

souffle au cœur

son normal

Un souffle au cœur peut aussi être causé par un rétrécissement de l'ouverture de la valvule. C'est ce qu'on appelle une **sténose**. Le souffle que vous venez d'entendre était dû à une **sténose aortique**.

Reportage

- Les 25 ans du coeur artificiel

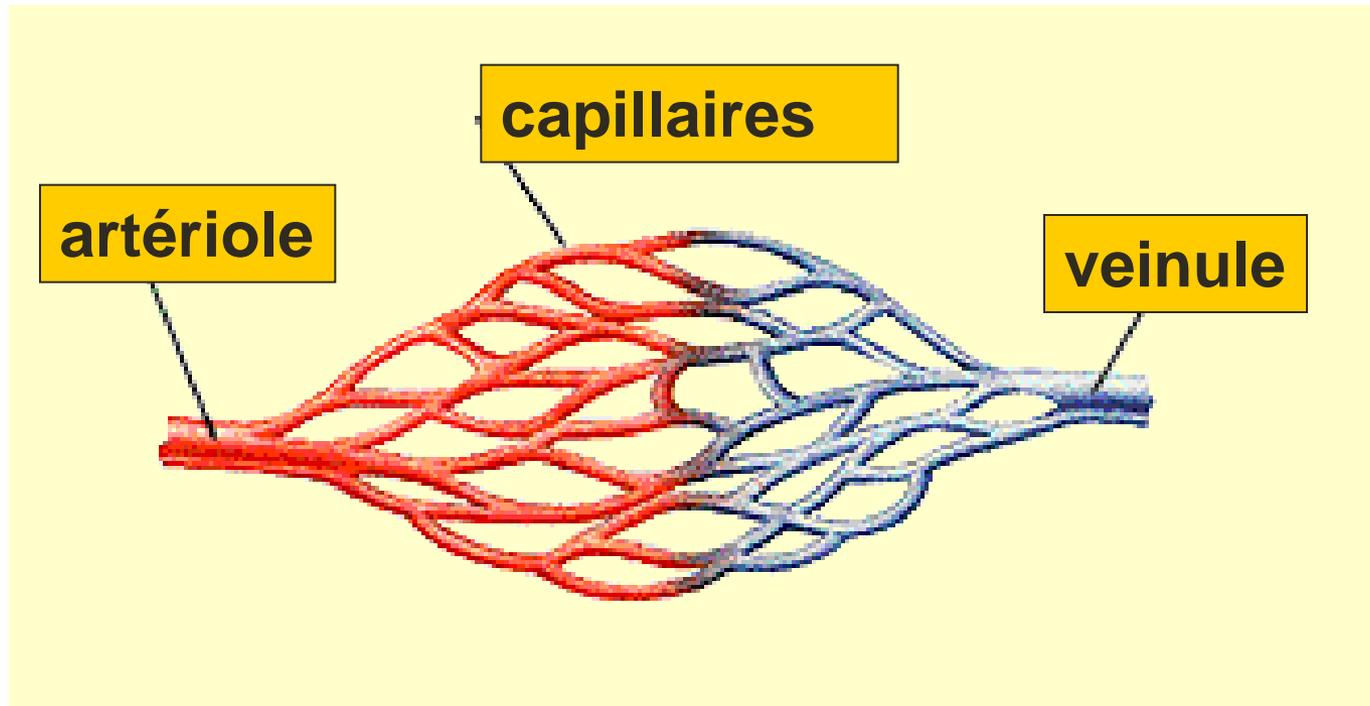
http://www.radio-canada.ca/actualite/v2/decouverte/niveau2_liste89_200712.shtml#

- Une turbine à la place du cœur

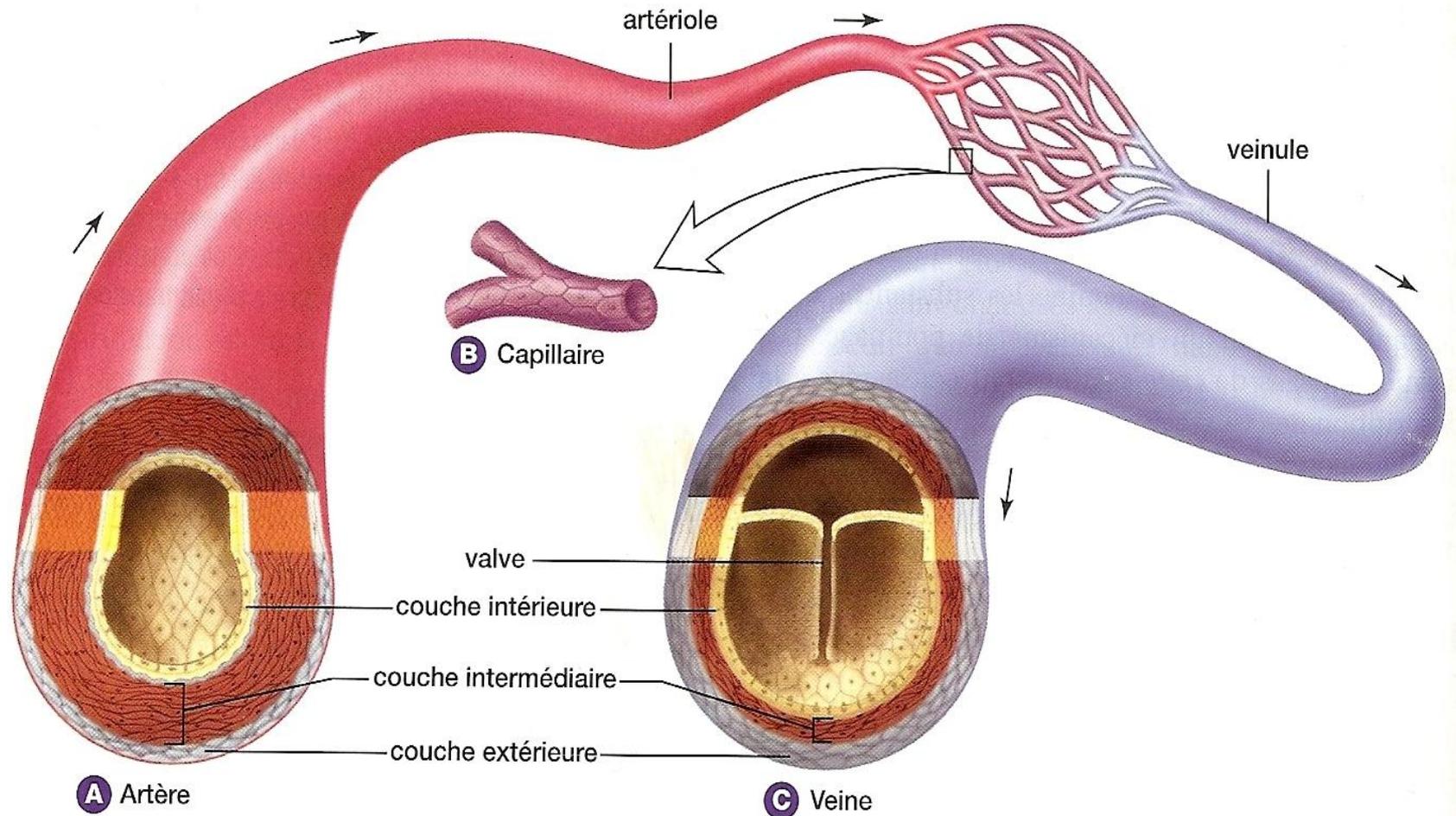
http://www.radio-canada.ca/actualite/v2/decouverte/niveau2_liste89_200804.shtml#

L'organisation d'un réseau capillaire

artères → artérioles → capillaires → veinules → veines



Artères et veines



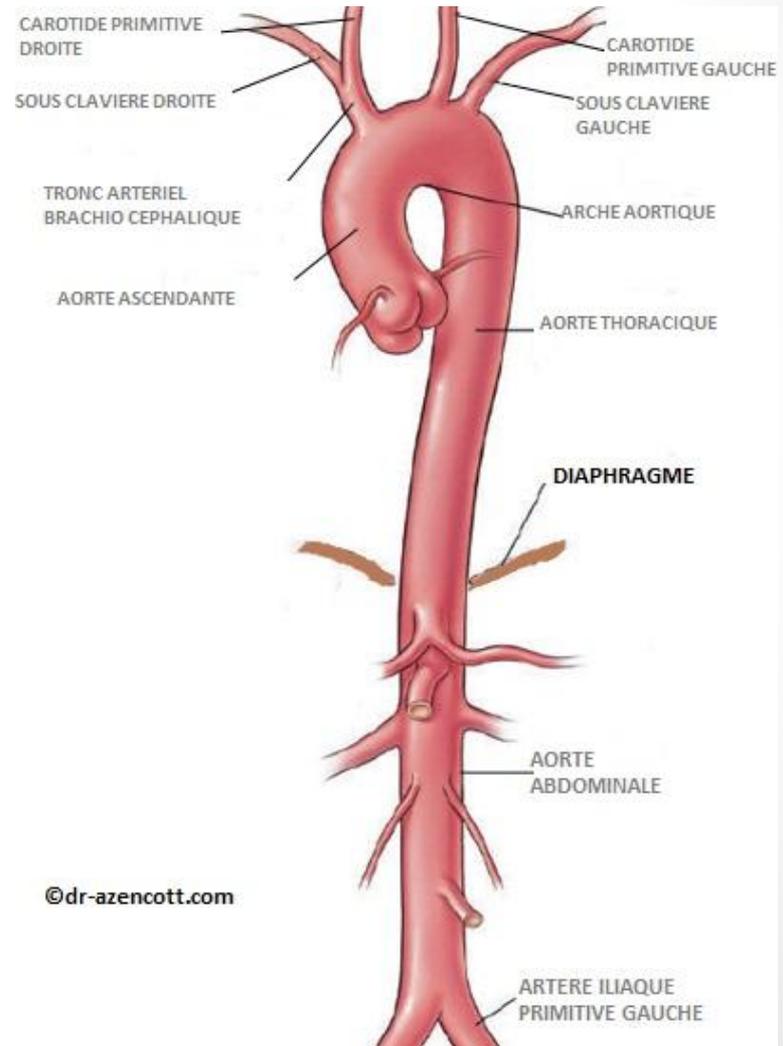
Une coupe transversale d'une artère, d'un capillaire et d'une veine. À tout moment, environ 30% du sang de la circulation systémique se trouve dans les artères, 5% dans les capillaires et 65% dans tes veines.

Artères

- 3 couches (extérieure, intermédiaire, intérieure);
- Couche intermédiaire plus épaisse que les veines;
- Circonférence plus petite que les veines;
- Sont les plus forts;
- Très élastiques (à cause des fibres élastiques sur la couche intermédiaire);
- Vaisseaux sanguins qui acheminent le sang oxygéné sortant des ventricules du coeur dans la circulation (du cœur aux organes).

- Quel est la plus grosse artère du corps humain et pourquoi est-elle si volumineuse?

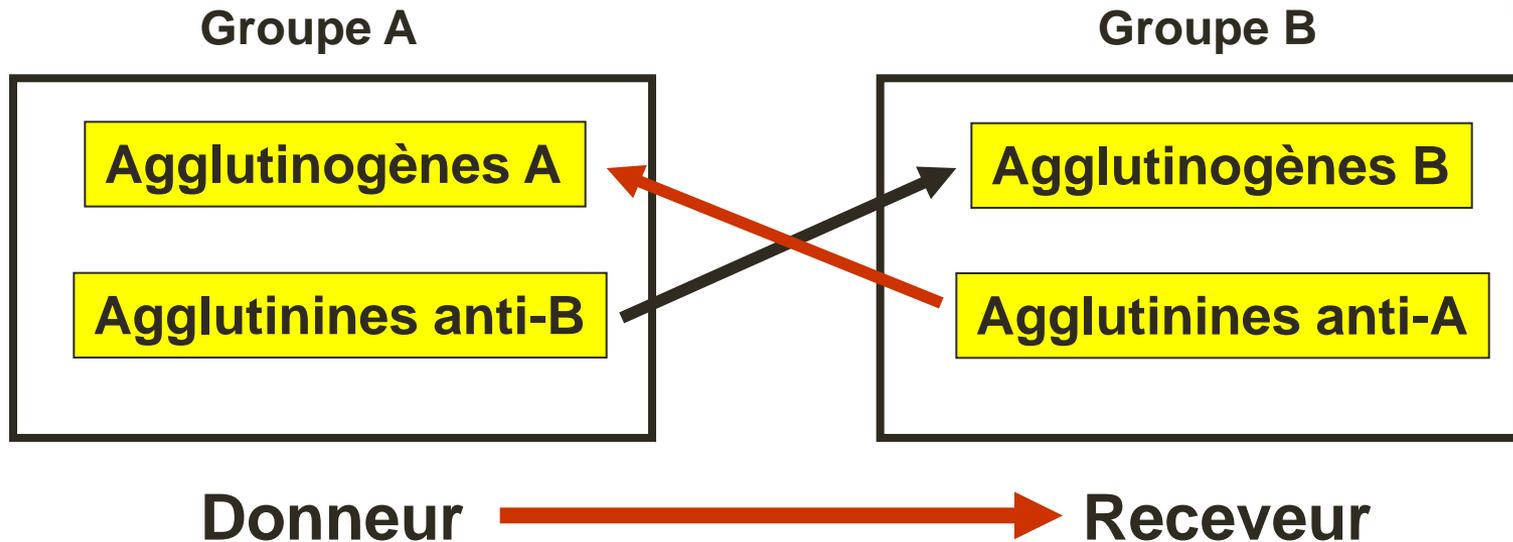
L'aorte est la plus grosse artère du corps. Ses ramifications doivent alimenter tous les organes du corps. Elle doit pouvoir supporter une pression assez élevée afin que le sang puisse se rendre à tous les tissus de l'organisme.



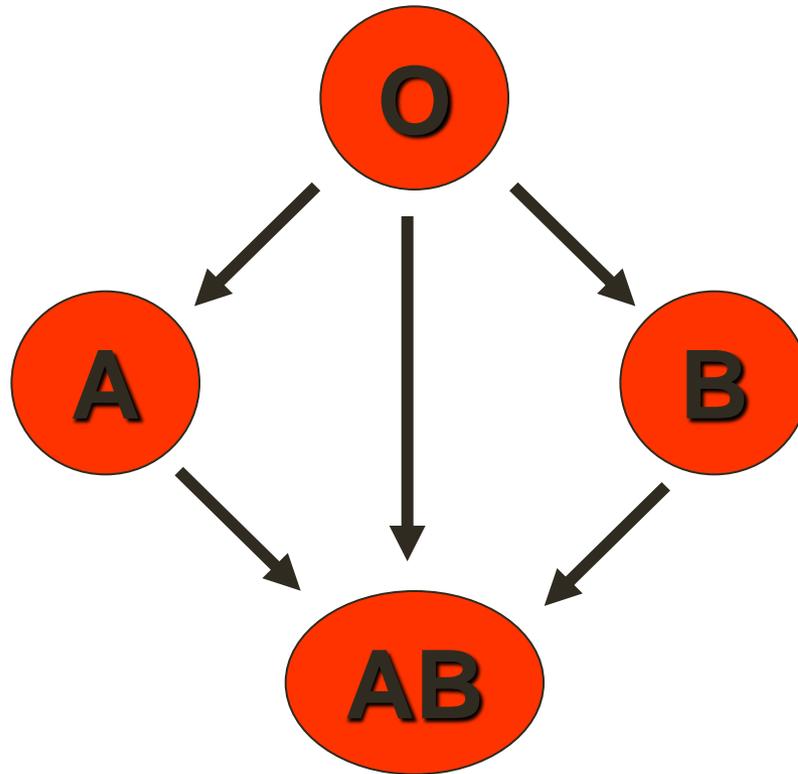
Veines

- 3 couches (extérieure, intermédiaire, intérieure);
- Circonférence plus grande que les artères;
- Ramènent le sang au coeur;
- Paroi plus fine;
- N'ont pas l'élasticité des artères;
- Les veines contiennent environ deux fois plus de sang que les artères;
- Vaisseaux sanguins qui retournent vers les oreillettes du coeur le sang dépourvu d'oxygène provenant de la circulation (des organes au cœur).

Si on donne du sang A à un receveur de groupe B :



Ce qu'il faut éviter à tout prix :
que les **agglutinines du receveur** attaquent les
agglutinogènes du donneur
(le receveur ne doit pas attaquer son donneur)



Transfusions possibles (si on ne tient pas compte d'autres facteurs d'agglutination)

AB = « receveur universel »

O = « donneur universel »

Systeme Rh

Il existe d'autres agglutinogènes que A et B.

Ex. agglutinogène de type Rh

- La protéine Rh existe en 8 variétés différentes.
- 3 de ces 8 types sont répandus
= facteurs C, D et E

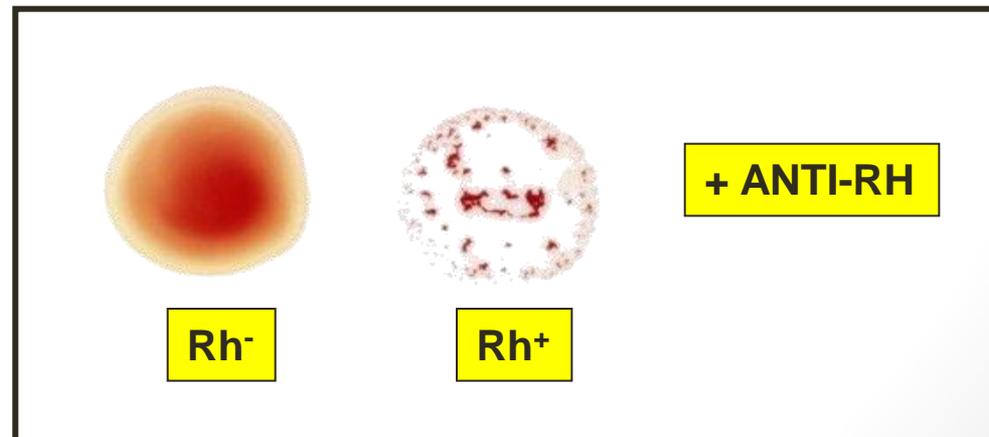
Érythrocytes avec agglutinogène RH : **A⁺, B⁺, AB⁺, O⁺**

Érythrocytes sans agglutinogène RH : **A⁻, B⁻, AB⁻, O⁻**

85% des personnes d'origine européenne
= Rh⁺ (possèdent une des variétés de la protéine Rh sur leurs globules rouges)

Les **Rh⁻** (ne possèdent pas la protéine Rh) ne possèdent pas d'agglutinines anti-Rh **SAUF** si elles reçoivent du sang **RH⁺**.

- Pas de problème à la **première transfusion Rh⁺ → Rh⁻** (la fabrication des anti-Rh prend plusieurs jours).
- Réaction d'agglutination **s'il y a une nouvelle transfusion** (puisque les anti-Rh sont déjà présents depuis la première transfusion).



Pression artérielle

- C'est la force que le sang exerce contre les parois des artères en circulant dans celles-ci.
- On exprime la pression artérielle par deux chiffres :
 - le chiffre maximal (ou le plus élevé) est obtenu quand le coeur se contracte et pousse le sang vers vos artères (*la pression systolique*).
 - le chiffre minimal est obtenu quand le coeur se détend entre deux battements et que le sang revient vers le coeur (*la pression diastolique*).

Pression artérielle

- La pression artérielle standard :
 - 120 mmHg / 80 mmHg
- 90 à 130 / 60 à 90 = normal
- Influencé par l'excès de poids, le tabagisme, la consommation excessive d'alcool, le niveau de stress, certains médicaments, etc.

Fréquence cardiaque

- Le rythme cardiaque maximal est le rythme le plus élevé que ton cœur peut atteindre pendant un effort physique intense et soutenu.
- Cette valeur diminue avec l'âge.
- L'indicateur le plus important :
 - Le temps que met le cœur à retrouver son rythme de repos après l'activité physique.
 - Le temps de récupération diminue à mesure que la condition physique s'améliore.

Fréquence cardiaque

- Le coeur bat à un rythme qui dépend de plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe, la condition physique.
- Nombre de battements par minute en moyenne :
 - 70 batt/min.
- Sexe :
 - plus vite chez la femme
- Conditionnement physique :
 - plus lent chez l'athlète

Quiz : le système circulatoire

- À faire avec les élèves

<http://www.cegep-sept-iles.qc.ca/suzannebanville/circulation/abc.htm>