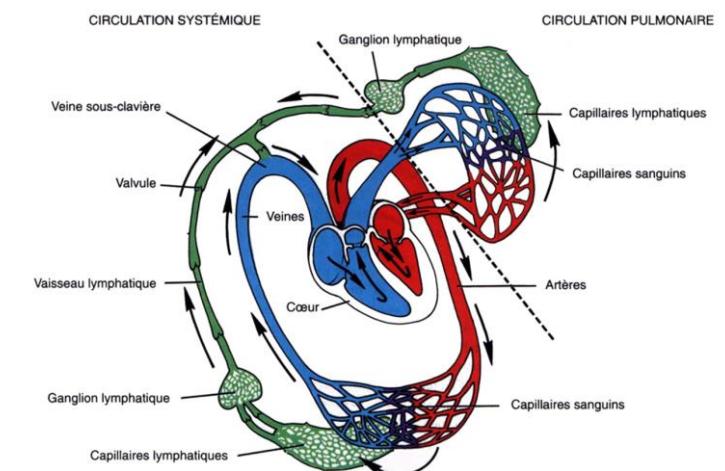


CIRCULATIONS CAPILLAIRE, VEINEUSE ET LYMPHATIQUE

UEF 106

Pr Kaouthar Masmoudi

2025- 2026



CIRCULATION CAPILLAIRE

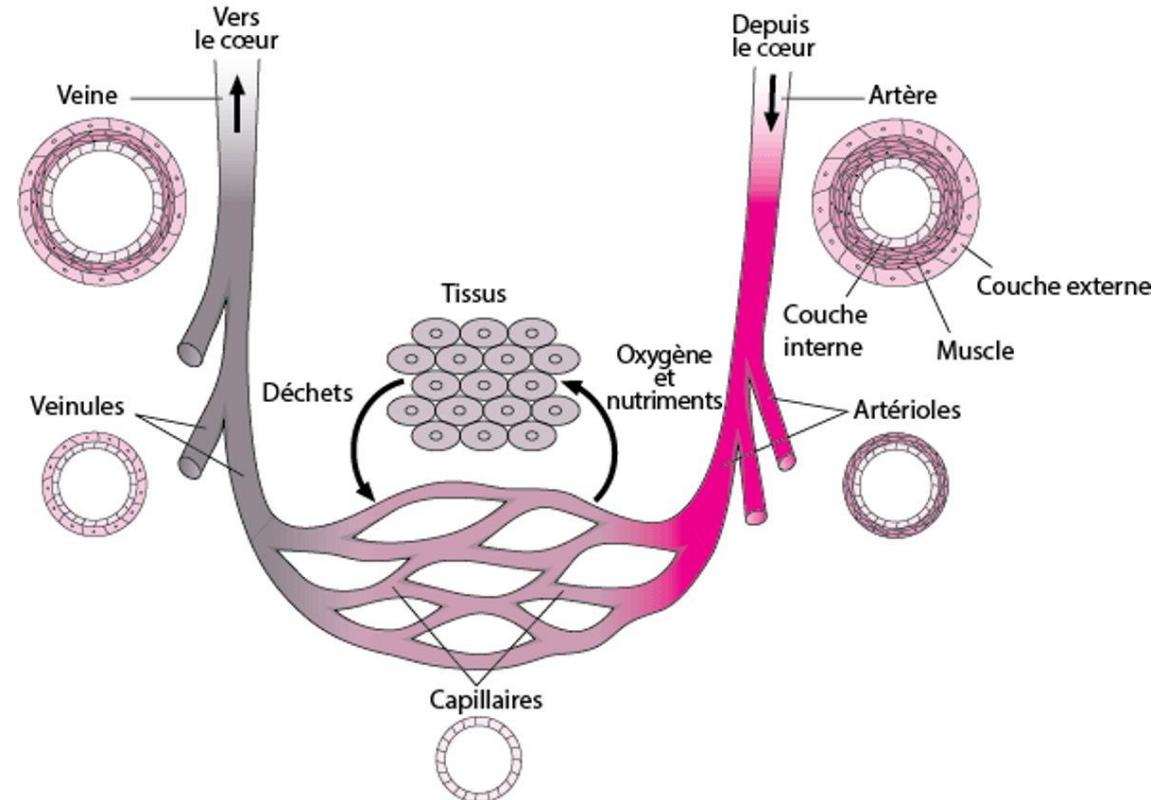
PLAN

- Spécificité du système capillaire
- Caractéristiques morphologiques
- Caractéristiques hémodynamiques
- Le filtre capillaire
- Le problème de la capillaromotricité

SPÉCIFICITÉ DU SYSTÈME CAPILLAIRE

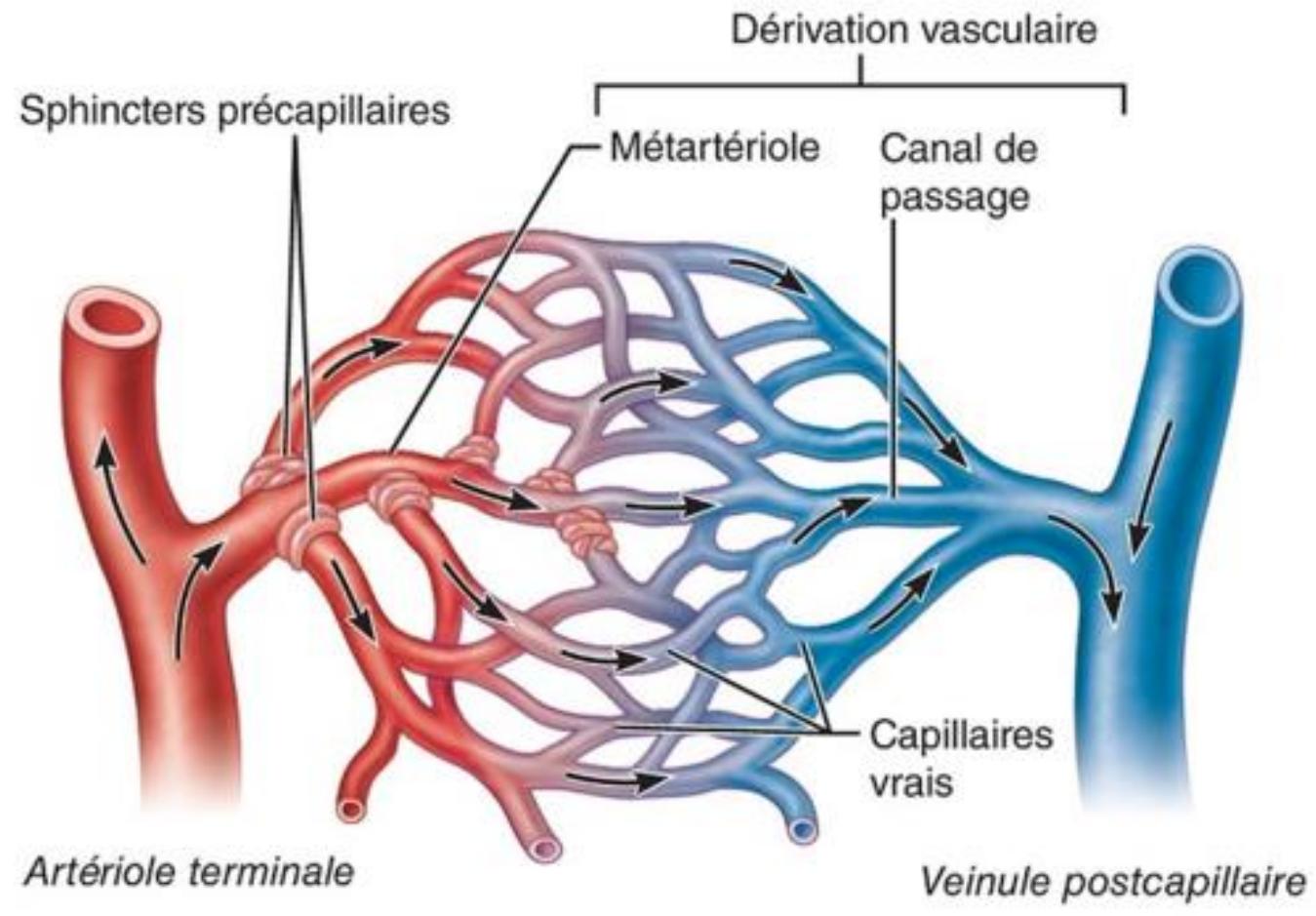
2 Caractéristiques fondamentales :

- Morphologique :
 - Absence de fibres musculaires lisses dans les parois
- Physiologique :
 - Échanges plasma - milieu interstitiel



SPÉCIFICITÉ DU SYSTÈME CAPILLAIRE

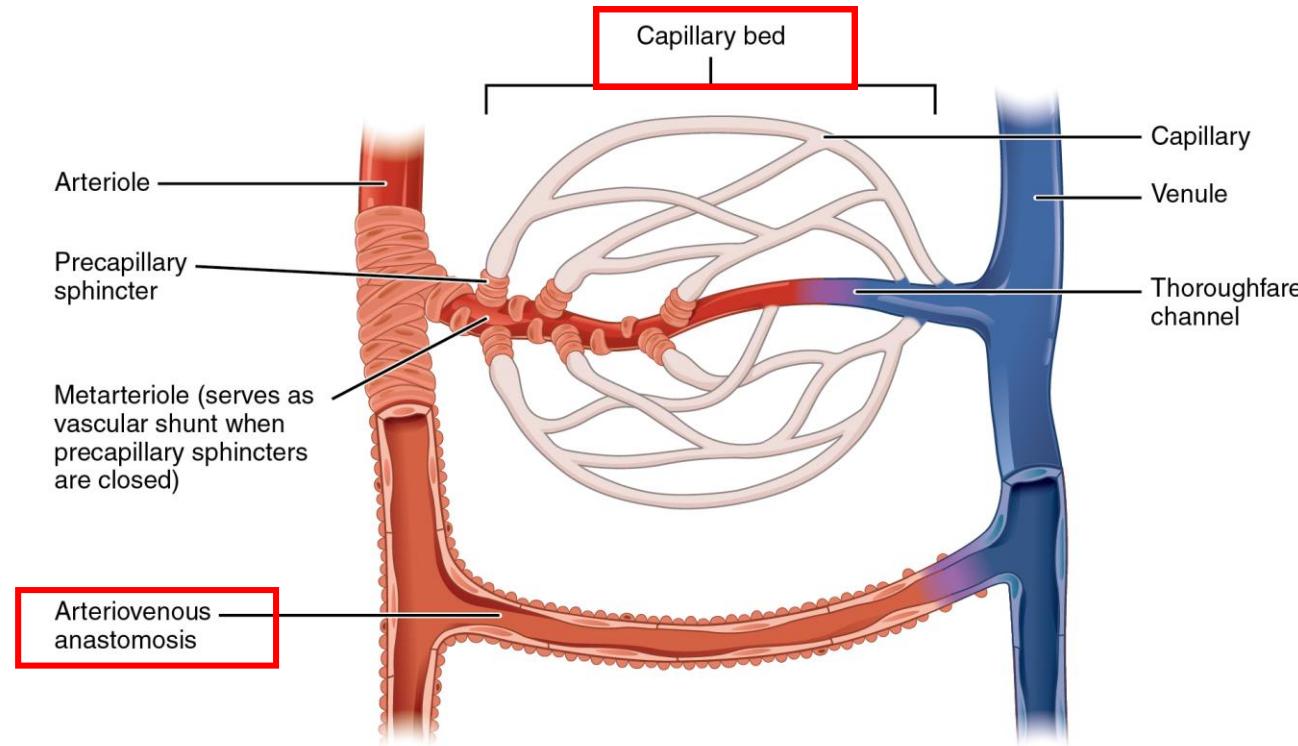
Artéries
↓
métartéries
↓
sphincters pré-capillaires
↓
Capillaires
↓
sphincters post-capillaires
↓
veinules



(a) Sphincters ouverts – le sang passe à travers les capillaires vrais.

SPÉCIFICITÉ DU SYSTÈME CAPILLAIRE

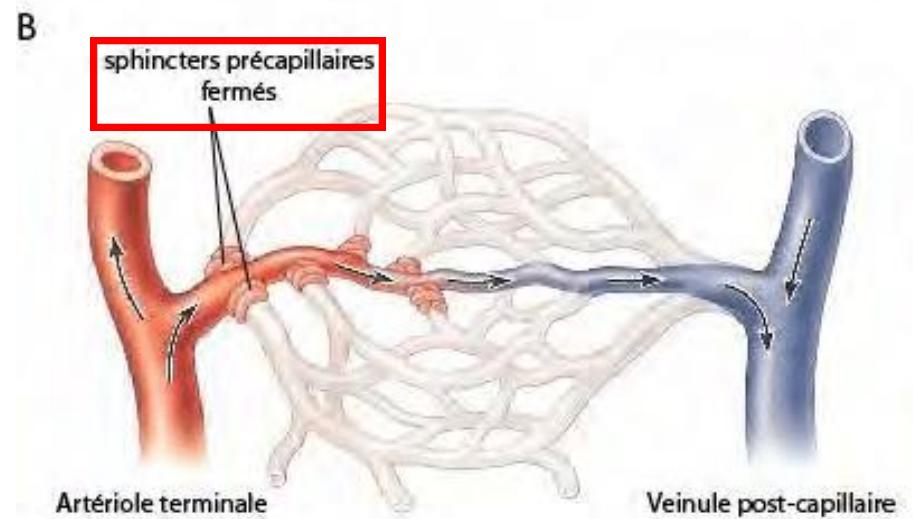
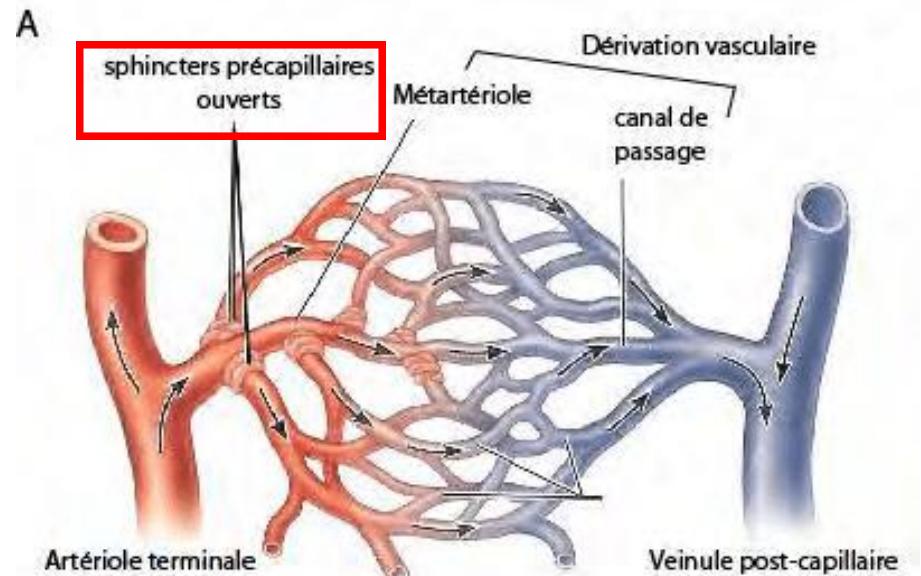
- Réseau complexe :
- Organisation générale :
 - varie d'un organe à l'autre
- Dans la peau et les muscles :
 - Court-circuit par une anastomose directe entre artéiole et veinule riche en fibres musculaires



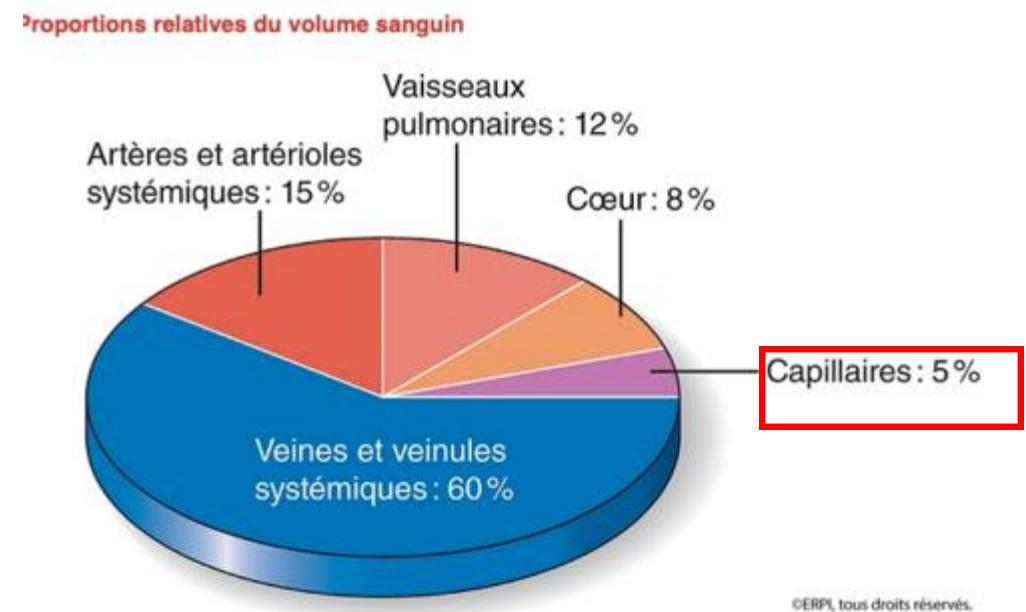
CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Capillaires :

- Petit diamètre : $8\mu\text{m}$
- Très courts : 0.75mm
- Nombre : élevé : 10^{10} :
 - Varie d'un organe à un autre
- État d'ouverture :
 - Varie selon le niveau métabolique de l'organe
- Volume : faible :
 - 5% du volume sanguin total



- Volume sanguin dans les capillaires : faible :
 - 5% du volume sanguin total

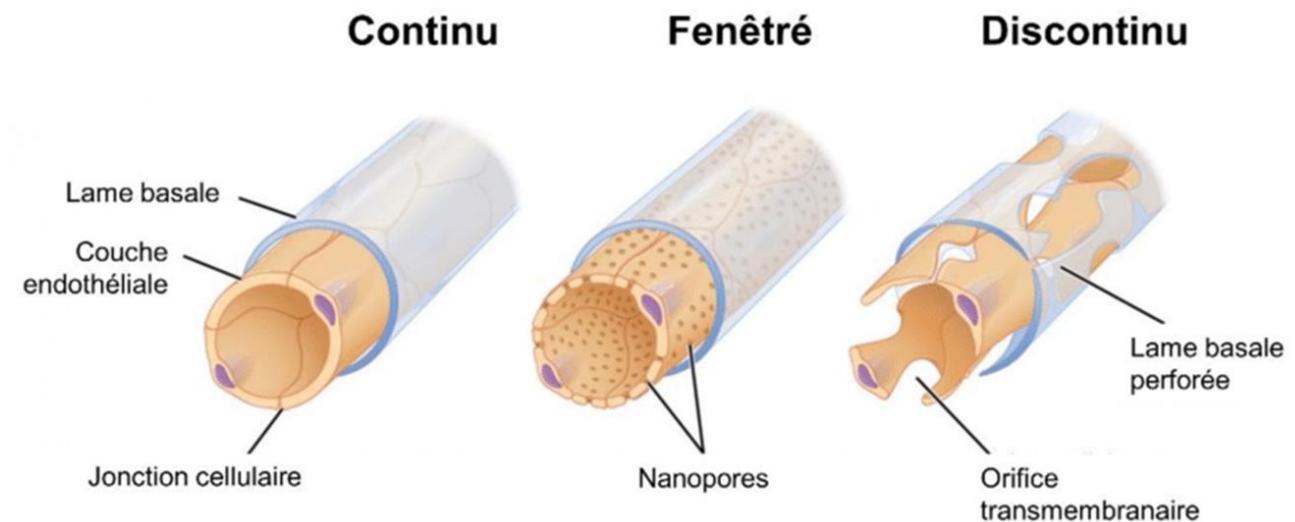


©ERPI, tous droits réservés.

CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Paroi capillaire :

- Couche cellulaire endothéliale reposant sur une membrane basale
- Structure : varie selon les organes :
 - Paroi **continue** : muscles
 - Paroi **fenêtrée** : rein, glandes endocrines, système digestif
 - Paroi fortement **discontinue** : foie, rate, moelle osseuse



CARACTÉRISTIQUES HÉMODYNAMIQUES

- Modalités de l'écoulement
- Les grandeurs hémodynamiques

Modalités de l'écoulement

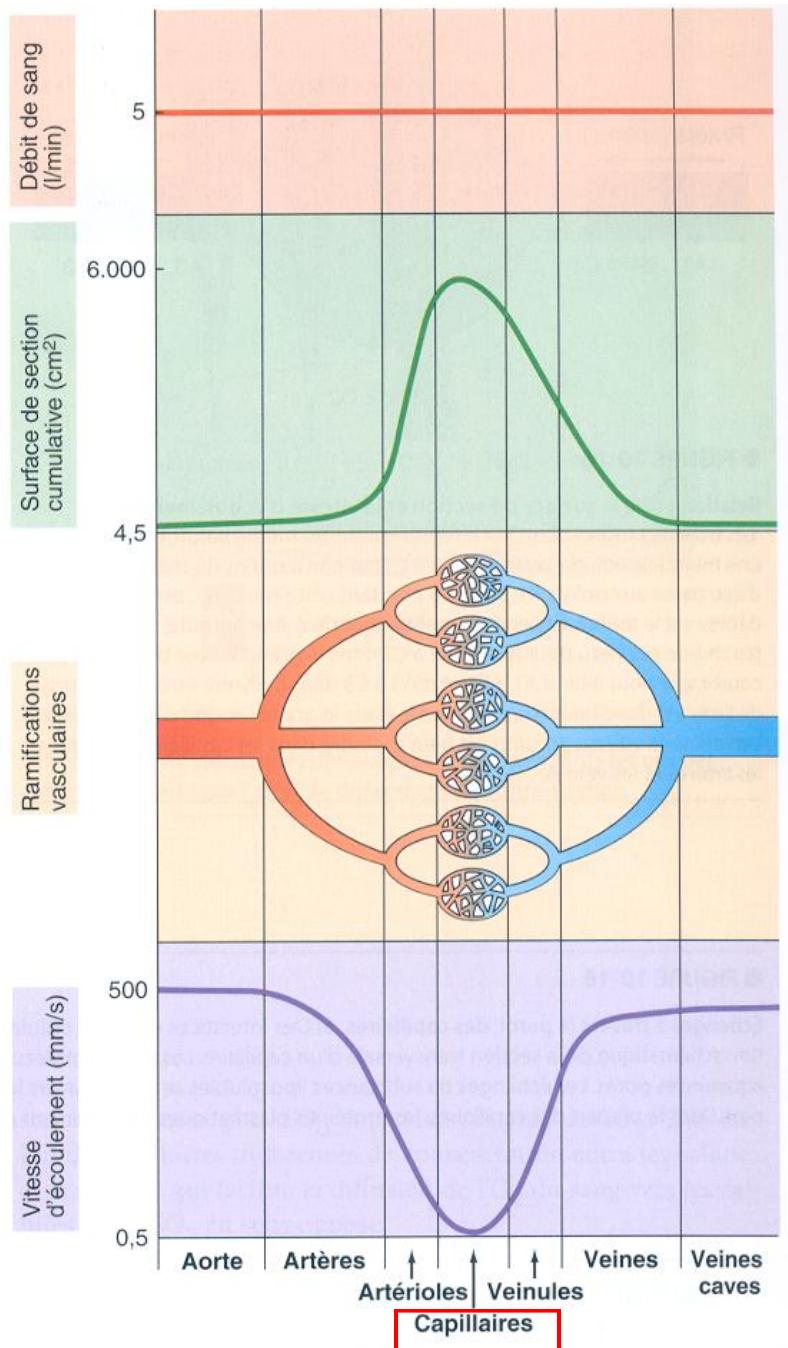
Selon :

- la taille des capillaires :
 - Grande taille : GR passent facilement
 - Petite taille : GR passent isolément
 - Très petite taille : GR ne passent pas;
Plasma passe
- la viscosité apparente du fluide
- Le degré d'ouverture des sphincters pré et post-capillaires



Les grandeurs hémodynamiques

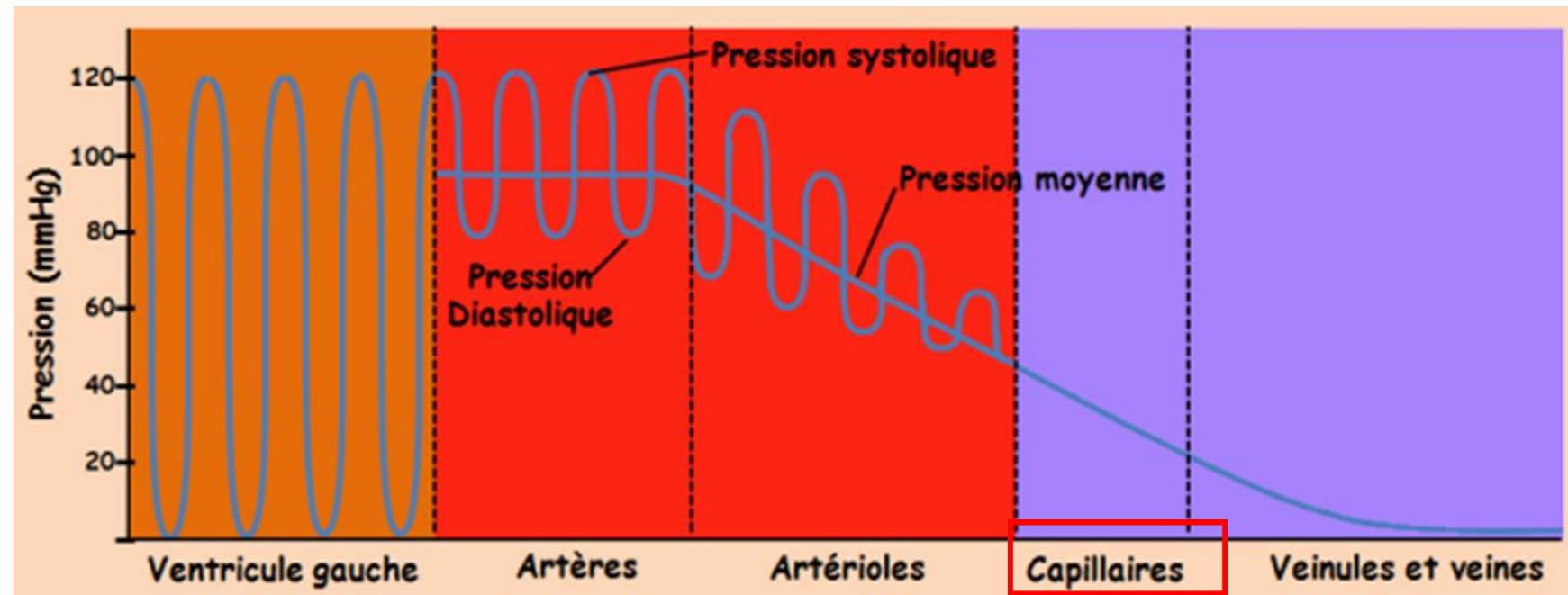
- Vitesse moyenne : < 1mm/s
- Surface de section totale : $\times 800$ celle de l'aorte
- Perte de charge : 20%
- Débit sanguin capillaire:
 - global = débit cardiaque= 5L/min
 - Local : dépend de l'organe



Débit et vitesse du sang en fonction de la surface de section cumulative des vaisseaux.

Les grandeurs hémodynamiques

- Pression :
 - à l'entrée : 35 mmHg → à la sortie : 25 mmHg
 - Différence selon les organes



LE FILTRE CAPILLAIRE

- Transferts d'eau et de solutés
- Transfert des gaz
- Transfert de chaleur

Transferts d'eau et de solutés

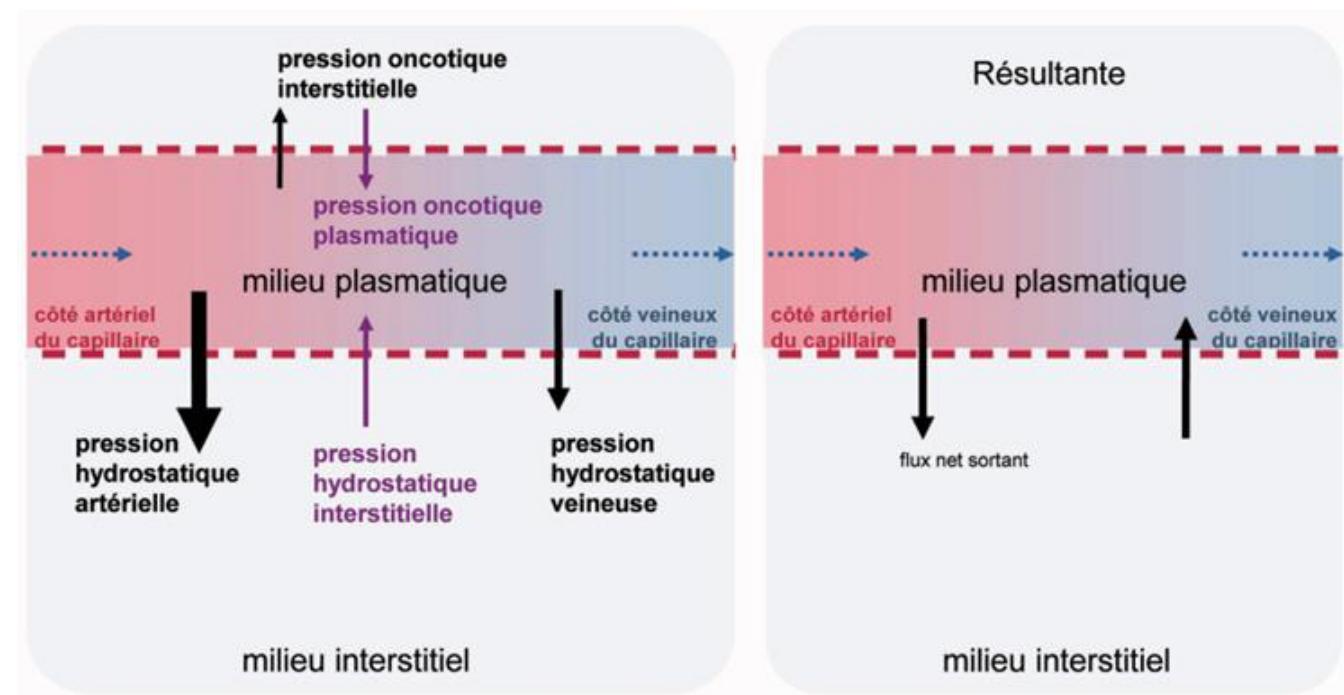
- *La filtration*
- *La diffusion*

La filtration

- Forces de Starling :
 - Gradient de pression hydrostatique
 - Gradient de pression osmotique
- Mouvement liquidien = $K \times PUF$
- $PUF = K \times [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$
 - PUF : pression d'ultrafiltration
 - K : coefficient de perméabilité : \gg
 - P_{cap} : pression hydrostatique capillaire
 - P_{int} : pression hydrostatique interstitielle
 - π_{cap} : pression oncotique capillaire
 - π_{int} : pression oncotique interstitielle

$$\varphi F = k [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Débit Coefficient Pression Pression Pression Pression
de de hydrostatique hydrostatique oncotique oncotique
filtration perméabilité capillaire interstitielle capillaire interstitielle



La filtration

Exemple :

- Du côté artériel du capillaire :

$$P_c = 25 \text{ mmHg} \quad P_i = -5 \text{ mmHg}$$

$$\pi_c = 30 \text{ mmHg} \quad \pi_i = 12 \text{ mmHg}$$

$$PUF = (25+5) - (30-12) = 20-18 = (+)2 \text{ mmHg}$$

→ Filtration (eau : capillaire → interstitium)

- Du côté veineux du capillaire :

$$P_c = 5 \text{ mmHg} \quad P_i = -5 \text{ mmHg}$$

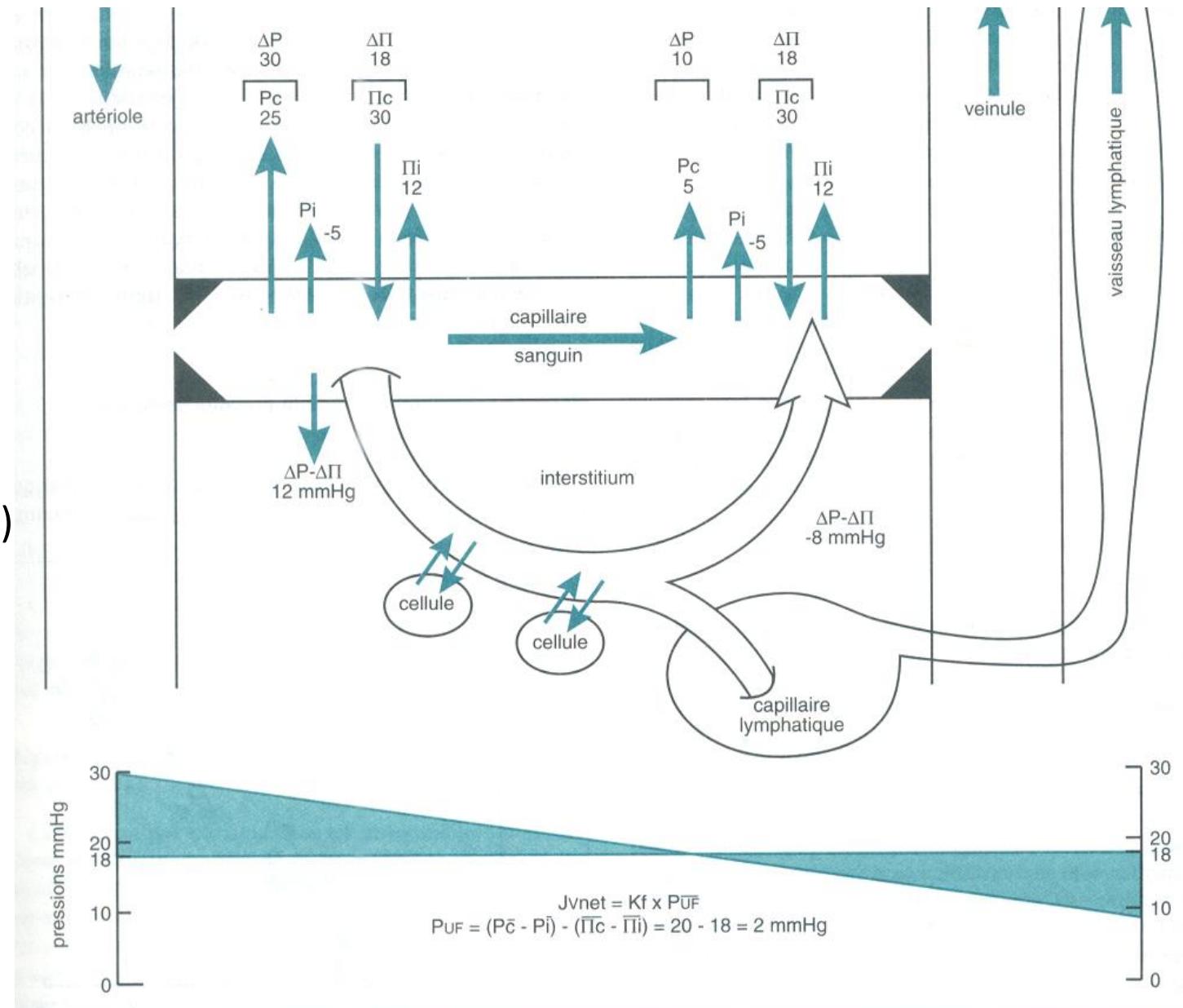
$$\pi_c = 30 \text{ mmHg} \quad \pi_i = 12 \text{ mmHg}$$

$$PUF = (5+5) - (30-12) = 10-18 = (-) 8 \text{ mmHg}$$

→ Réabsorption (eau : interstitium → capillaire)

$$\phi F = k [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$$

Débit de filtration Coefficient de Perméabilité Pression hydrostatique capillaire Pression hydrostatique interstitielle Pression oncotique capillaire Pression oncotique interstitielle



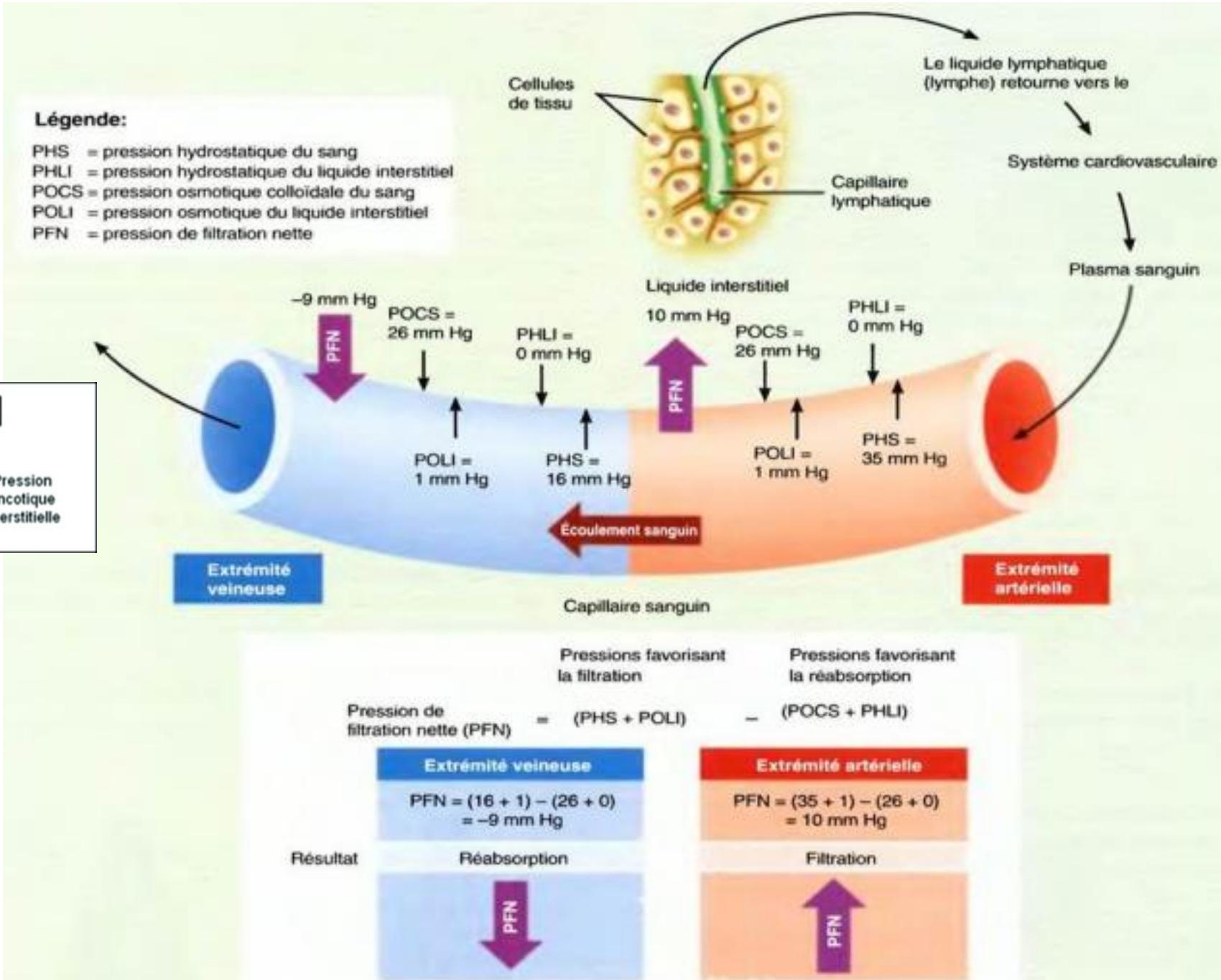
Mouvements d'eau et de solutés à travers l'endothélium capillaire et leurs déterminants. P_c : pression hydrostatique capillaire ; P_i : pression interstitielle ; Π_c : pression oncotique capillaire ; Π_i : pression oncotique interstitielle.

Légende:

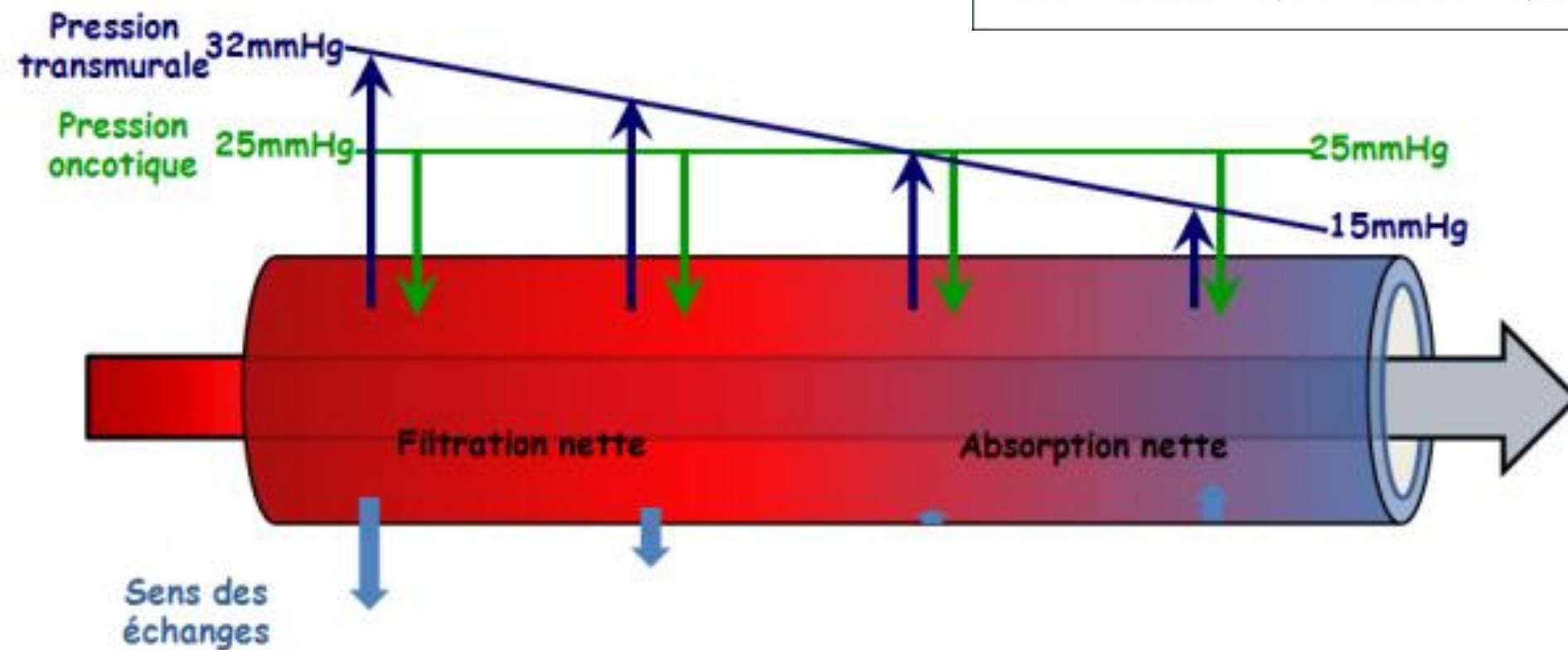
PHS = pression hydrostatique du sang
 PHLI = pression hydrostatique du liquide interstitiel
 POCS = pression osmotique colloïdale du sang
 POLI = pression osmotique du liquide interstitiel
 PFN = pression de filtration nette

$$\phi F = k [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$$

Debit de filtration Coefficient de Permeabilité Pression hydrostatique capillaire Pression hydrostatique interstitielle Pression oncotique capillaire Pression oncotique interstitielle



• Mouvement liquidien



$$\varphi F = k [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$$

Débit de filtration	Coefficient de Permeabilité	Pression hydrostatique capillaire	Pression hydrostatique interstitielle	Pression oncotique capillaire	Pression oncotique interstitielle
---------------------	-----------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------

Causes de l'œdème :

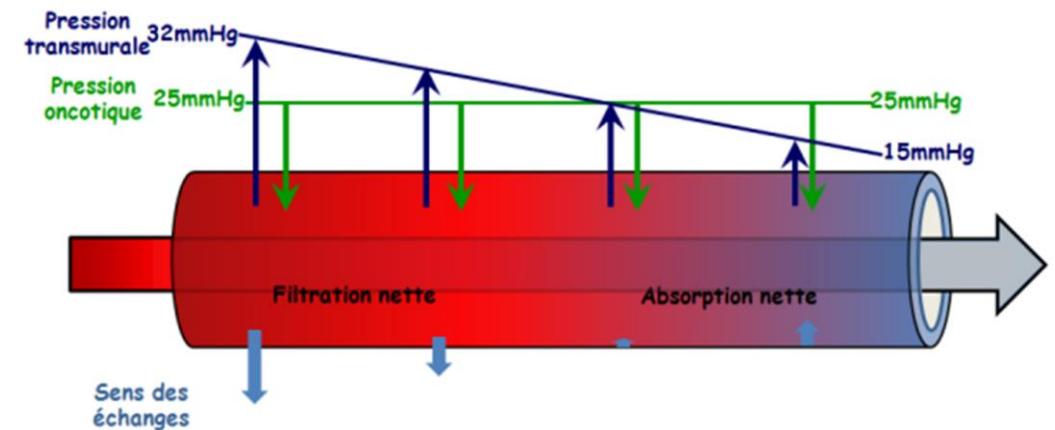
Filtration > réabsorption

- $\text{PUF} = K \times [(P_{\text{cap}} - P_{\text{int}}) - (\pi_{\text{cap}} - \pi_{\text{int}})] : \nearrow$

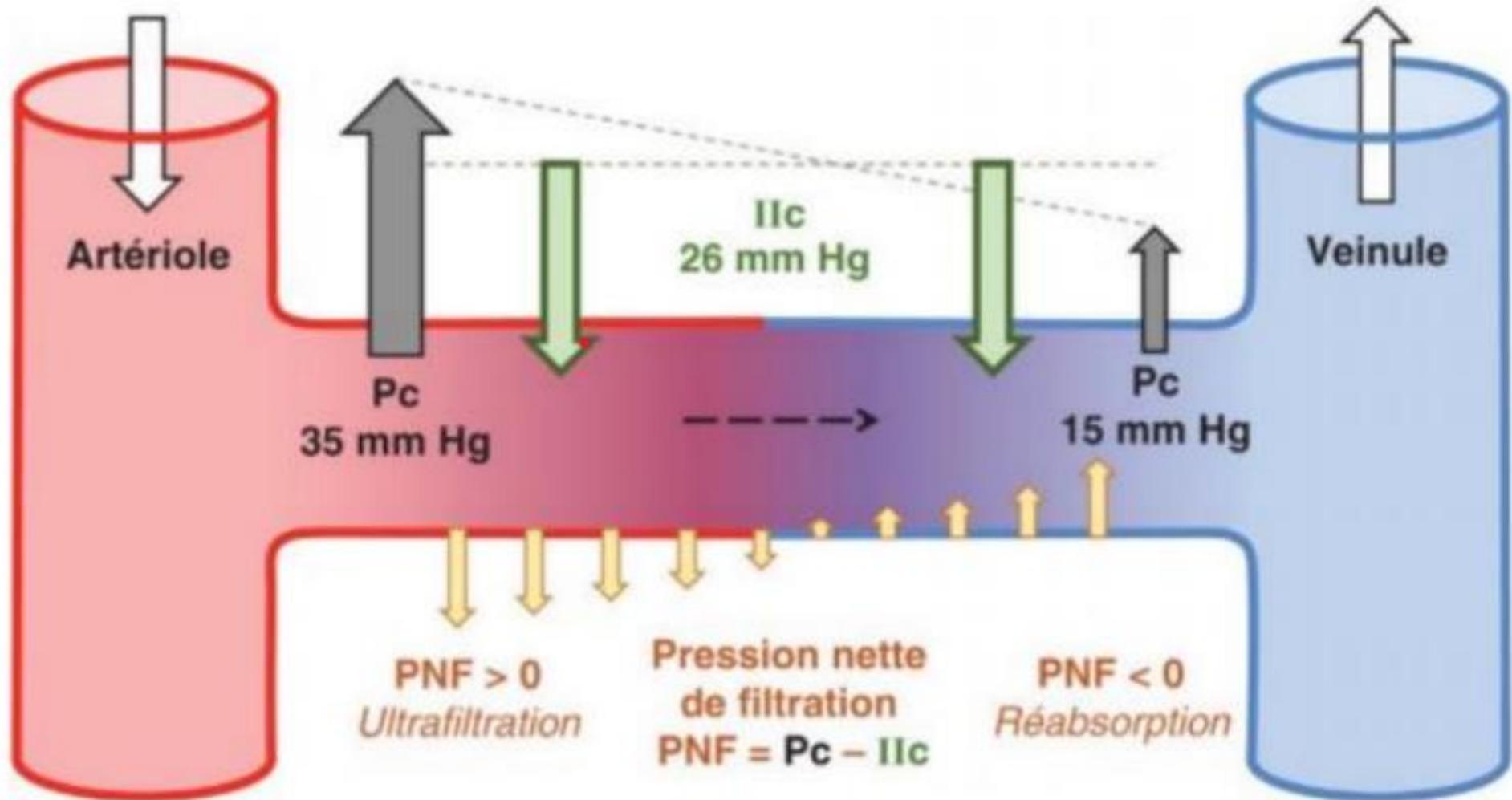
- PUF : pression d'ultrafiltration
- K : coefficient de perméabilité : \nearrow
- P_{cap} : pression hydrostatique capillaire : \nearrow
- P_{int} : pression hydrostatique interstitielle \searrow
- π_{cap} : pression oncotique capillaire : \searrow
- π_{int} : pression oncotique interstitielle : \nearrow

$$\varphi F = k [(P_{\text{cap}} - P_{\text{int}}) - (\pi_{\text{cap}} - \pi_{\text{int}})]$$

Débit de filtration Coefficient de Permeabilité Pression hydrostatique capillaire Pression hydrostatique interstitielle Pression oncotique capillaire Pression oncotique interstitielle



Causes de l'œdème :



Formation des œdèmes : PNF reste positive

Pression hydrostatique capillaire augmentée ($P_c >$)

- Insuffisance cardiaque globale, droite
- Insuffisance rénale aiguë anurique
- Insuffisance rénale chronique sévère
- Cirrhose hépatique
- Obstruction veineuse ou lymphatique bilatérale

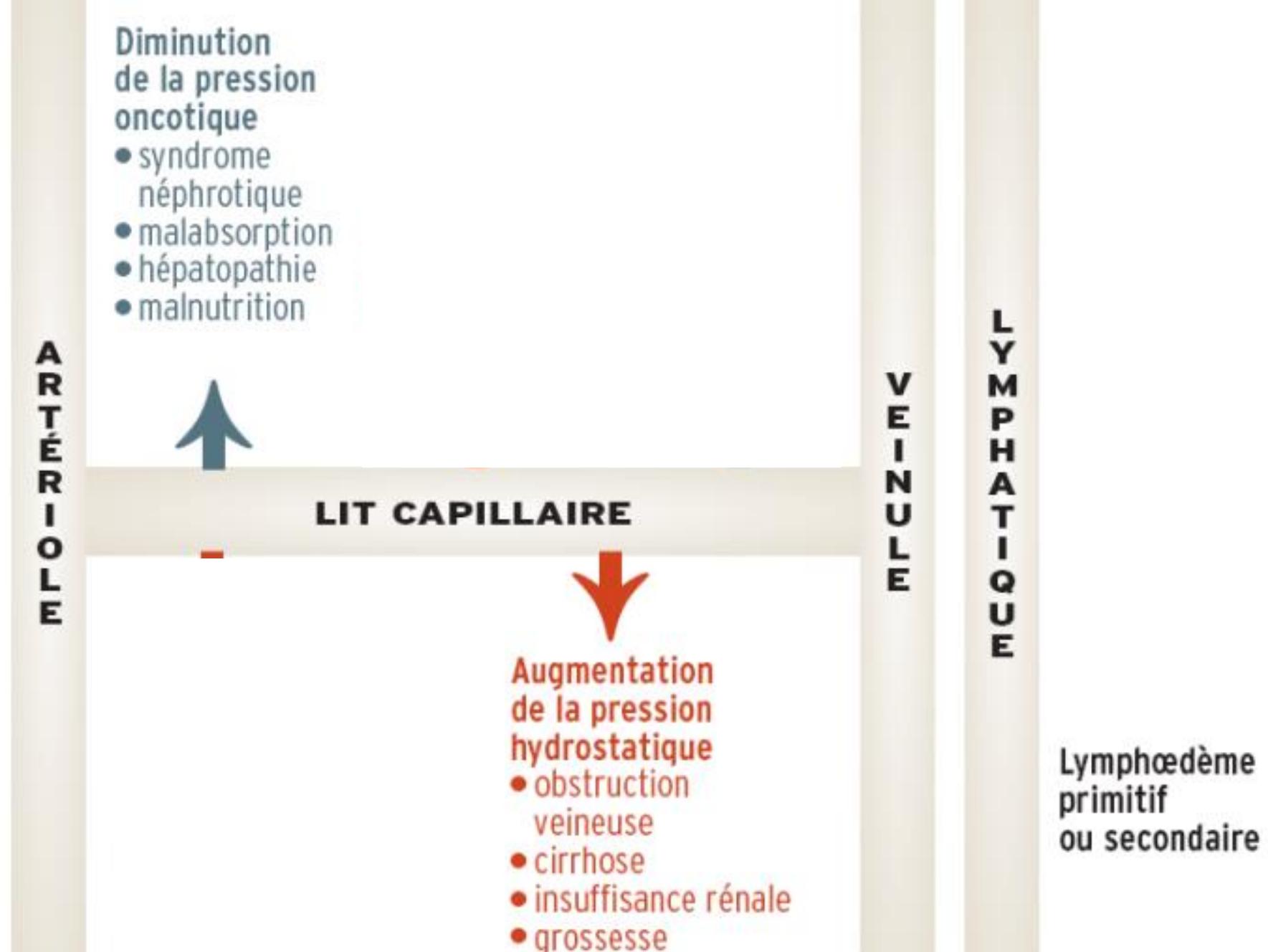
Augmentation de la perméabilité capillaire

- œdèmes cycliques idiopathiques
- Médicaments

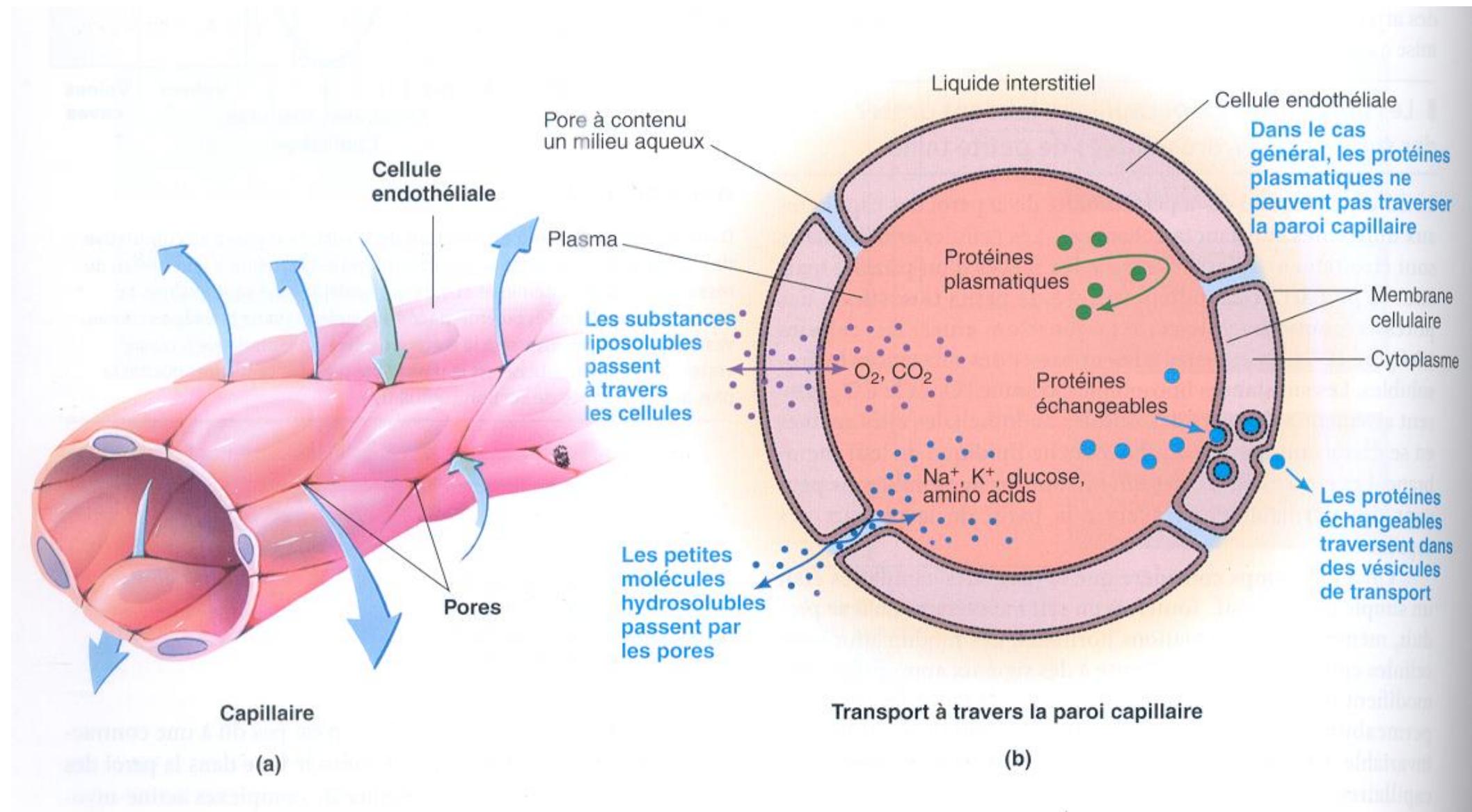
Pression oncotique plasmatique diminuée ($IIC <$)

- Hypoalbuminémie
- Syndrome néphrotique
- Syndrome néphritique

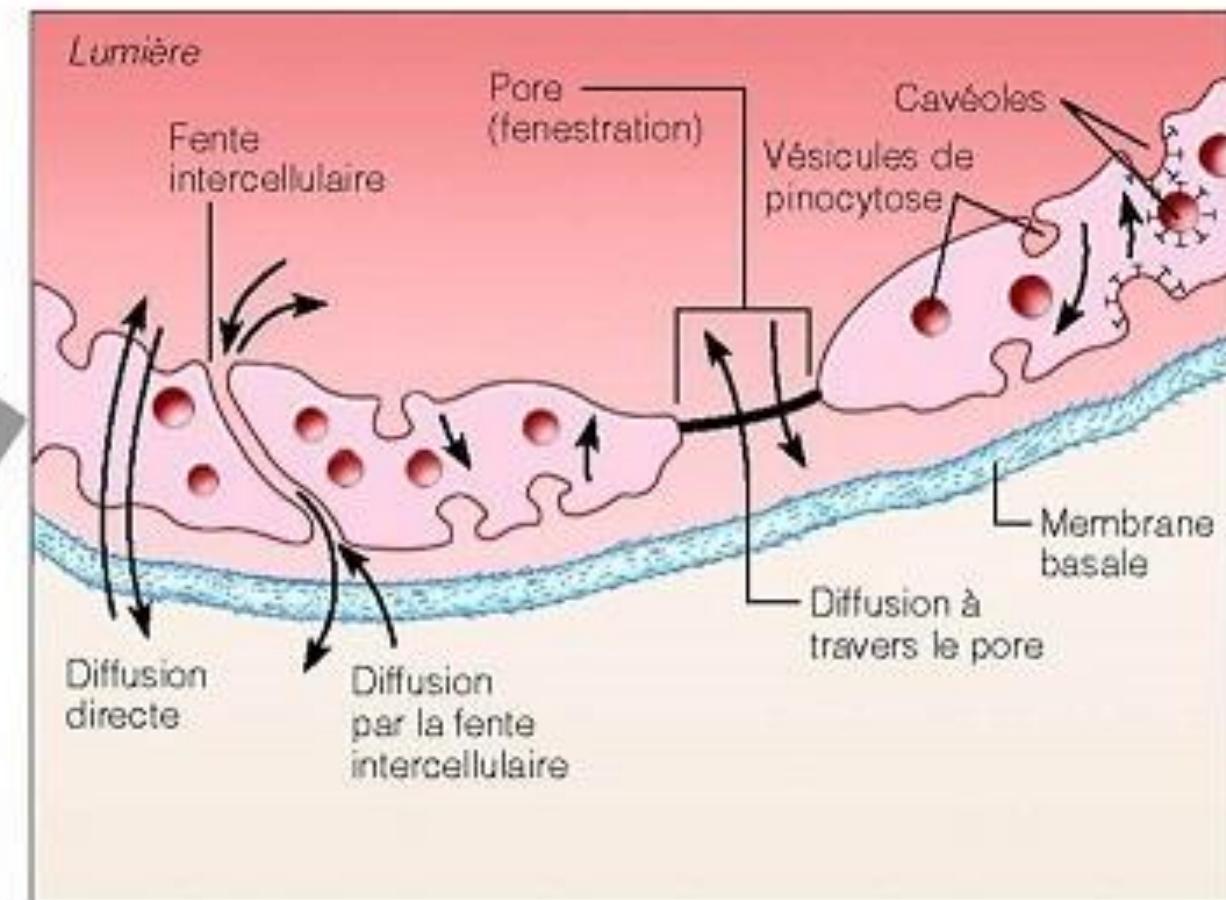
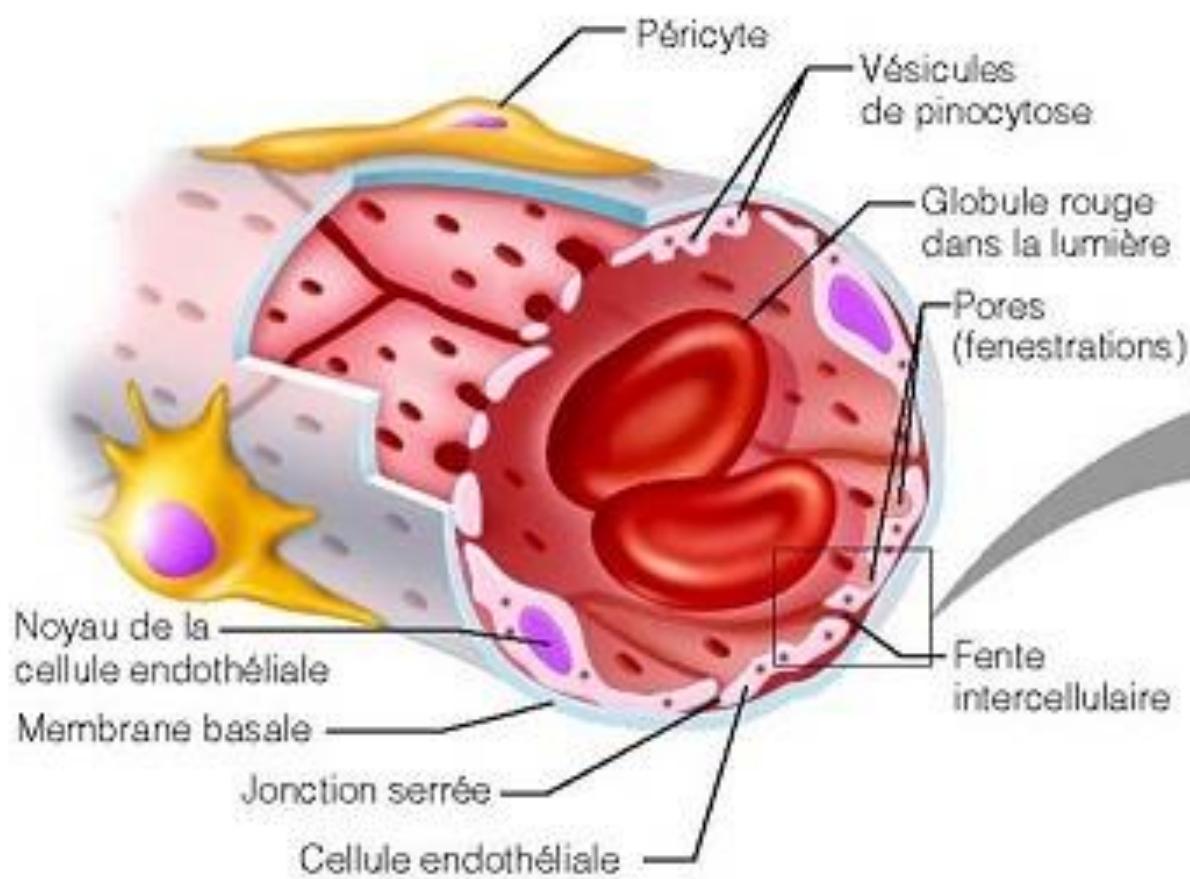
Physiopathologie de l'oedème



La diffusion

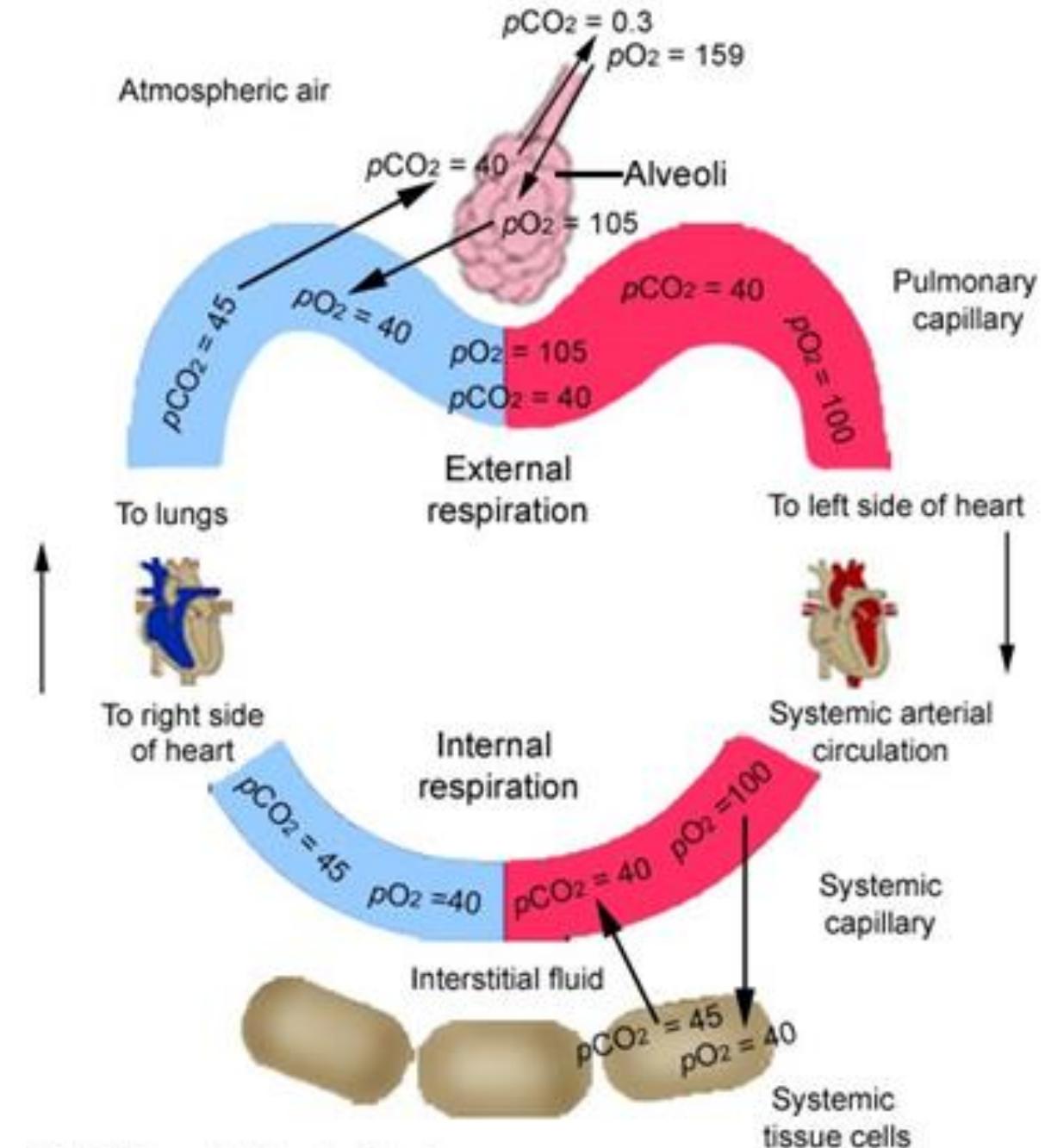


La diffusion



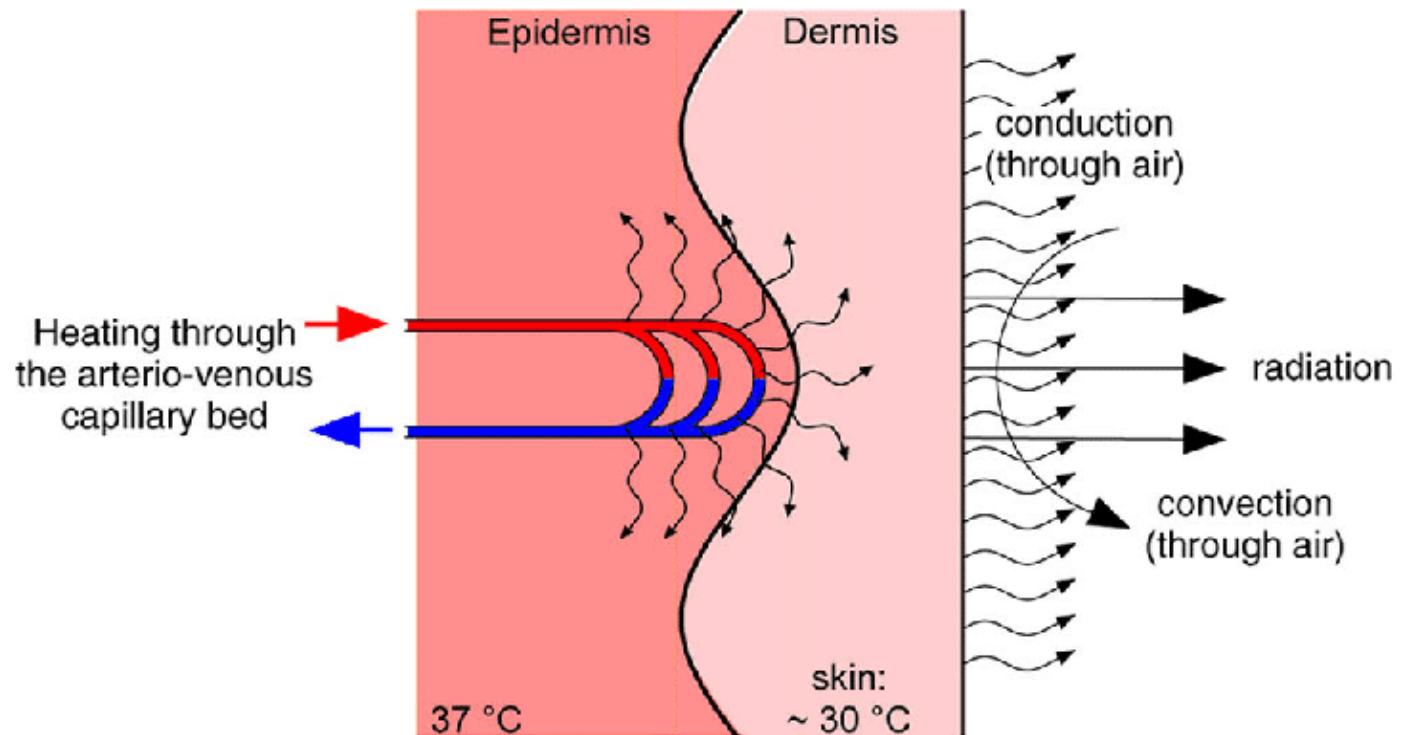
Transfert des gaz

- O₂, CO₂ : sens opposé
- Différence de pressions partielles

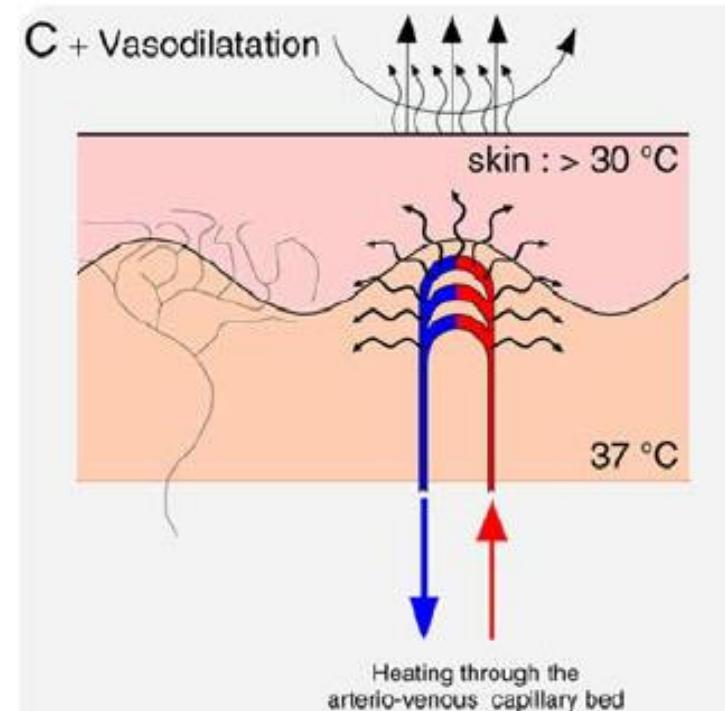
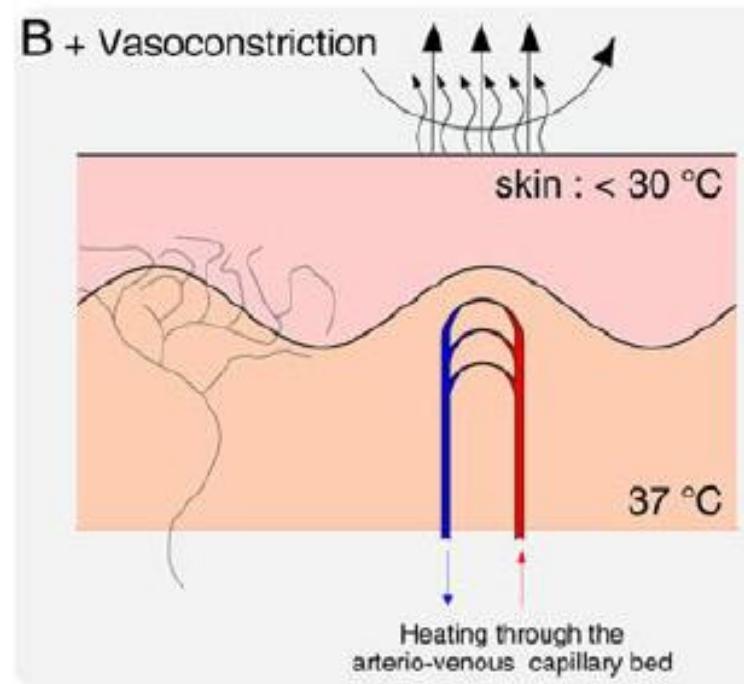
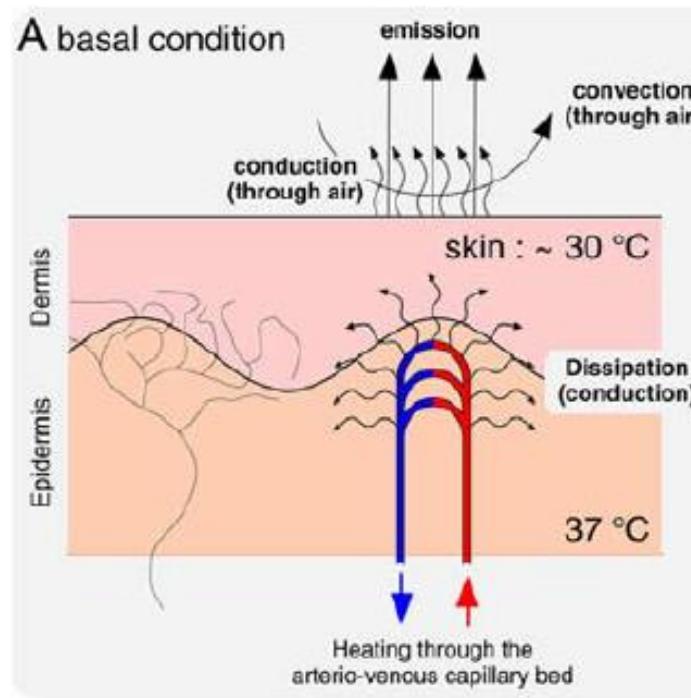


Transfert de chaleur

- Du milieu chaud vers le milieu froid

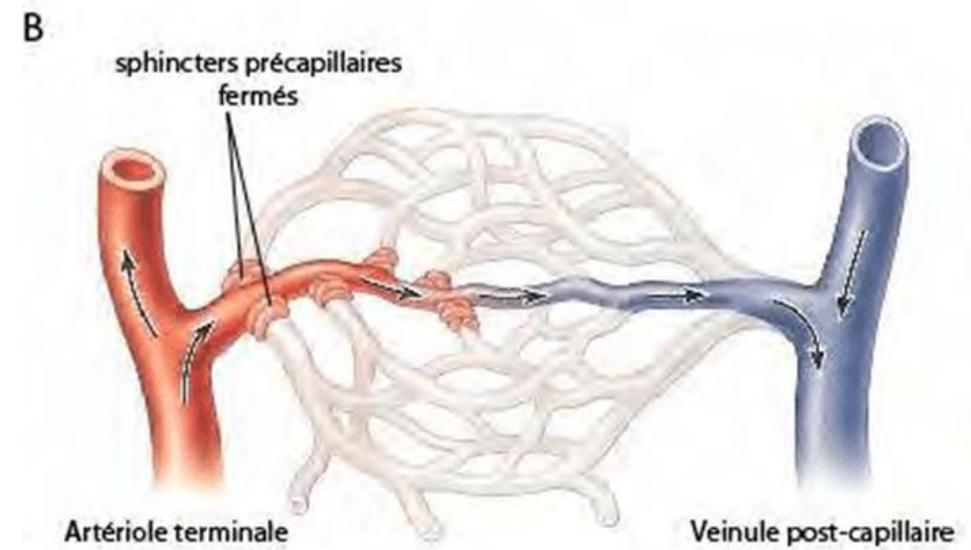
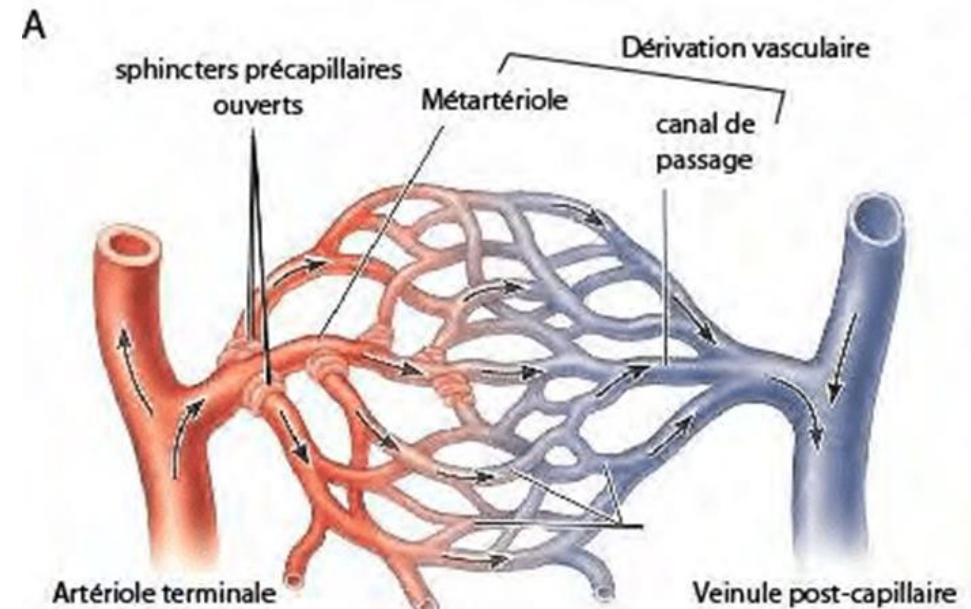


Transfert de chaleur



LE PROBLÈME DE LA CAPILLAROMOTRICITÉ

- Pas de motricité active :
 - Absence de fibres musculaires lisses
- Distensibilité :
 - S'adapter au volume sanguin qui lui parvient
 - Motricité passive
- Sensibilité aux produits du métabolisme :
 - CO₂, H⁺ → relâchement pariétal
- Notion de microcirculation

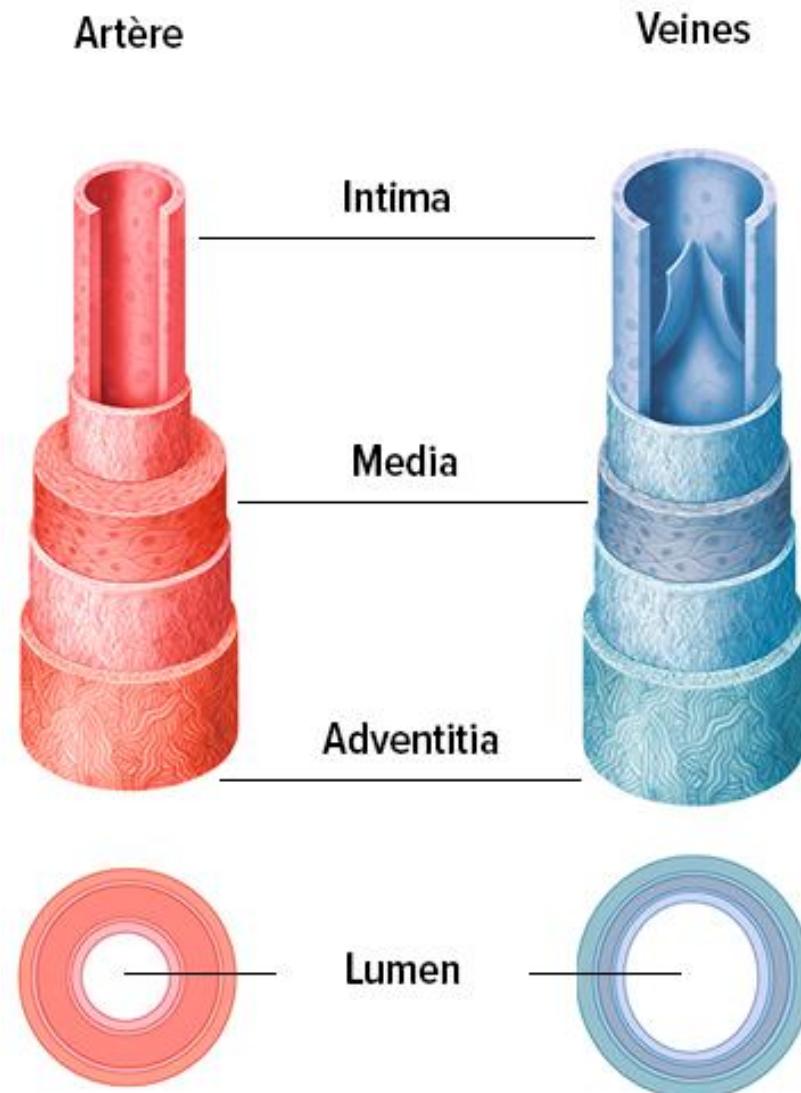


CIRCULATION VEINEUSE

MORPHOLOGIE FONCTIONNELLE

Veines :

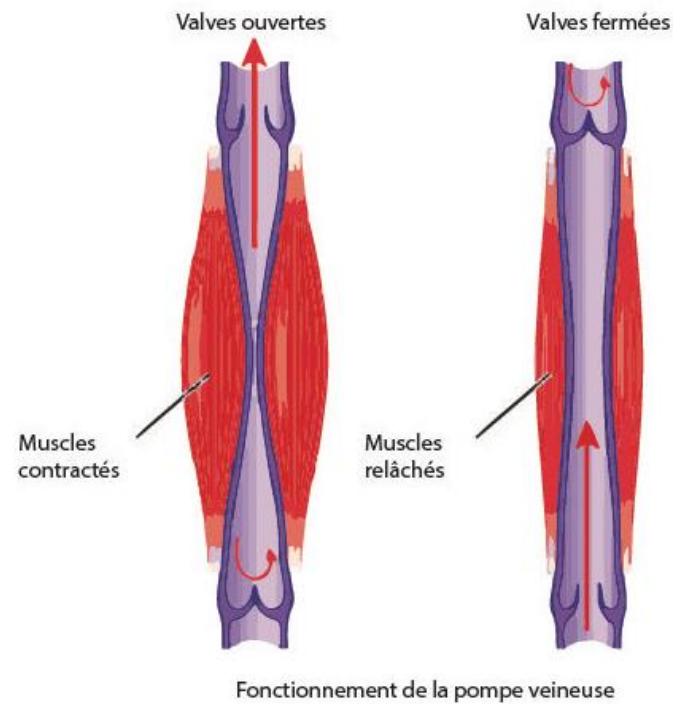
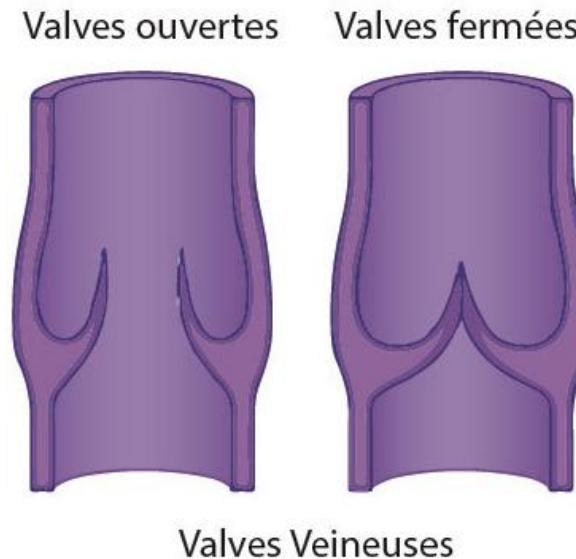
- sang : périphérie → cœur : Circulation de retour
- Capillaires → sphincters post-capillaires → OD
- 3 tuniques : intima, média, adventice
- Comparées aux artères :
 - Paroi plus mince
 - Fibres musculaires : (-) abondantes
 - Présence de valvules
 - Plus nombreuses : 2V pour 1A
 - Diamètre plus élevé



MORPHOLOGIE FONCTIONNELLE

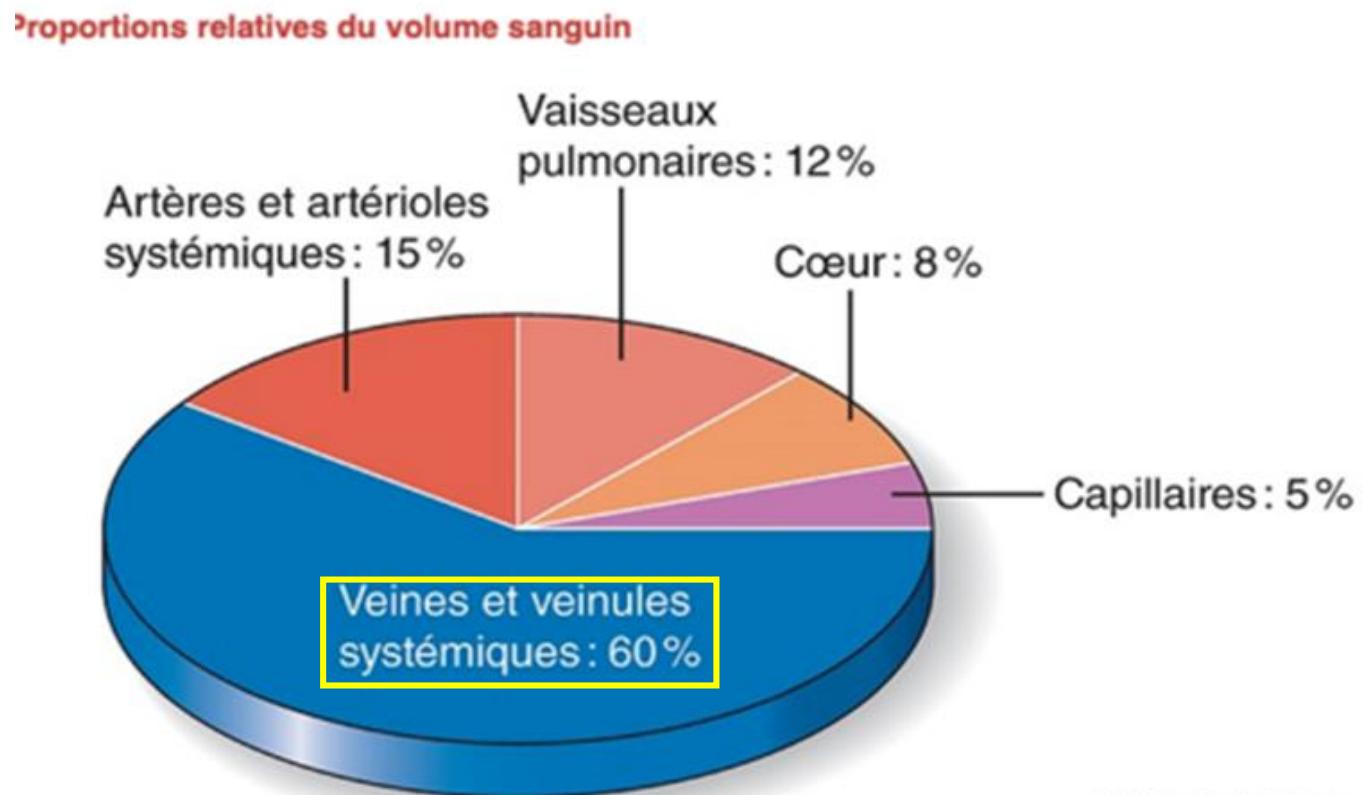
Valvules :

- Replis fibro-élastiques
 - recouverts d'endothélium
 - Disposées par paires
- S'opposent au reflux du sang
- Membres inférieurs ++

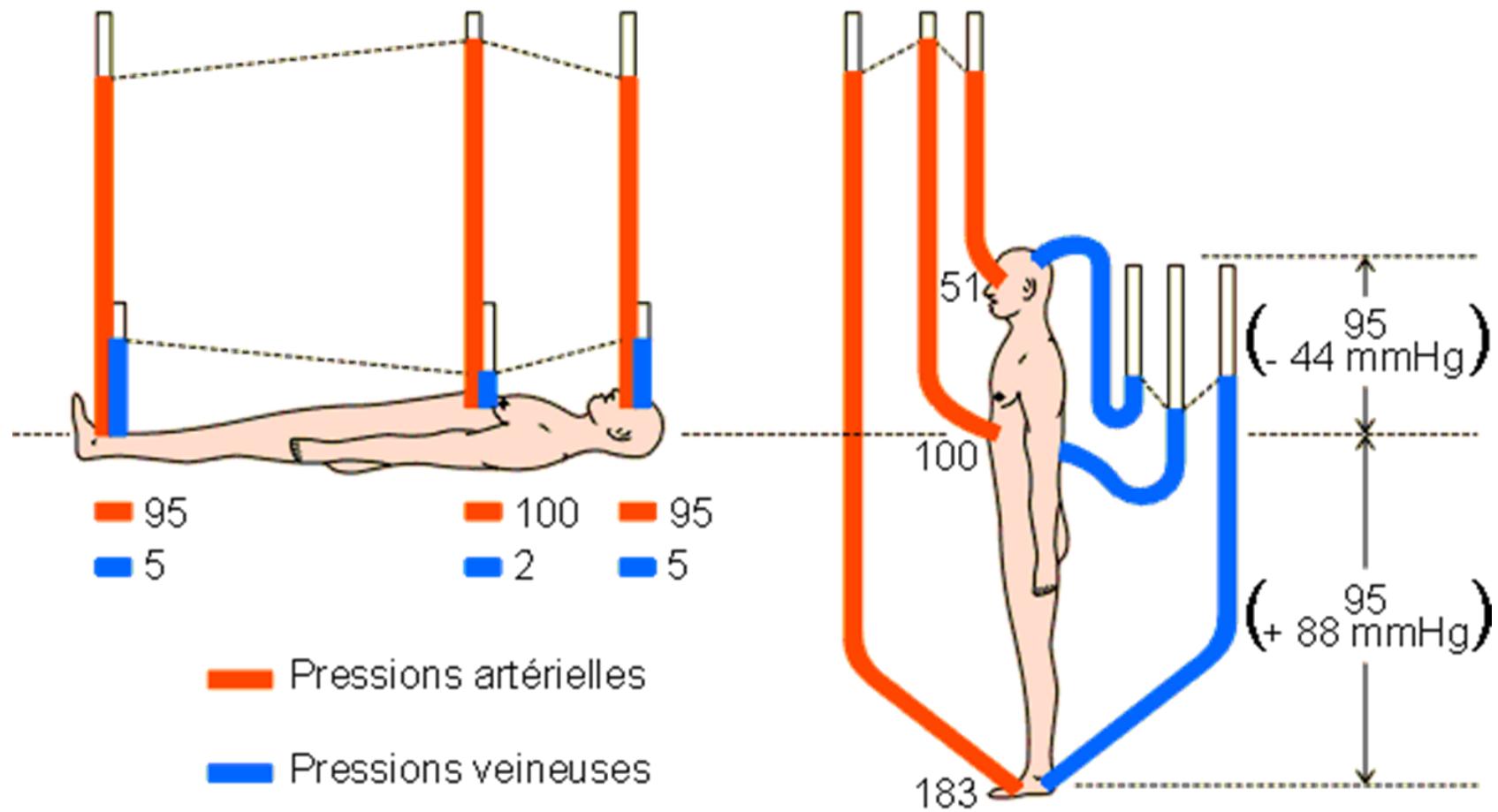


MORPHOLOGIE FONCTIONNELLE

- Capacité du système veineux :
 - Nombre des veines
 - Leur calibre
 - Leur extensibilité→ Rôle de réservoir de sang
- Faibles résistances
- Pression basse

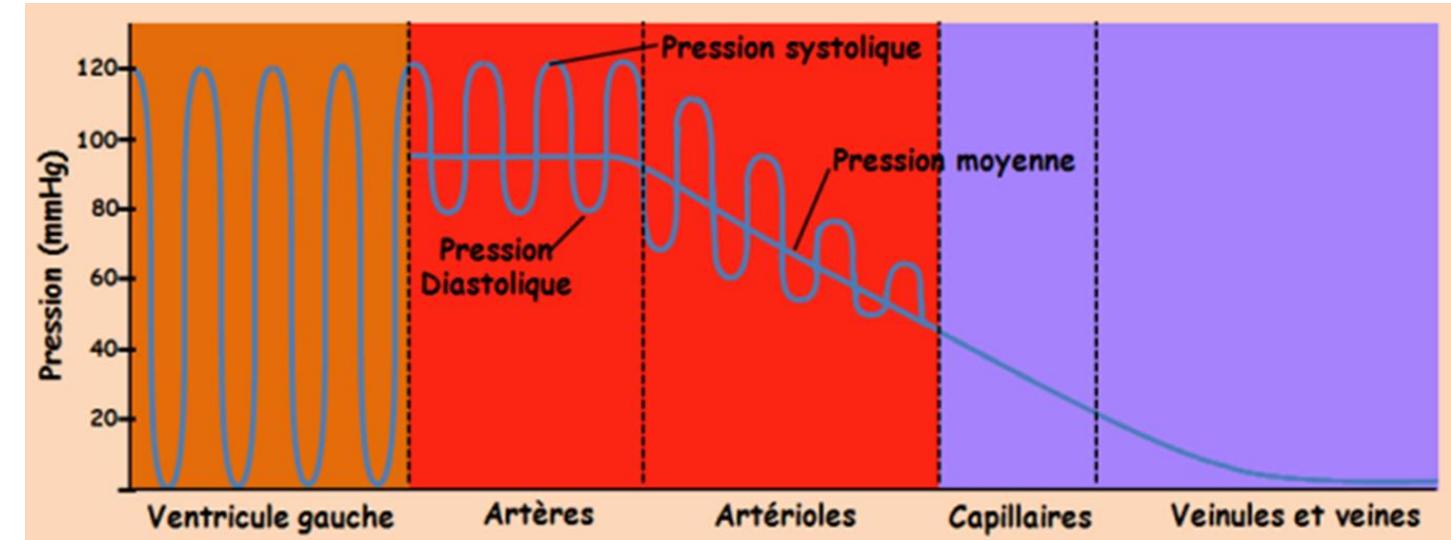


- Sujet couché
- Sujet debout



Sujet couché

- Pression :
 - < pression capillaire
 - < 15 mmHg



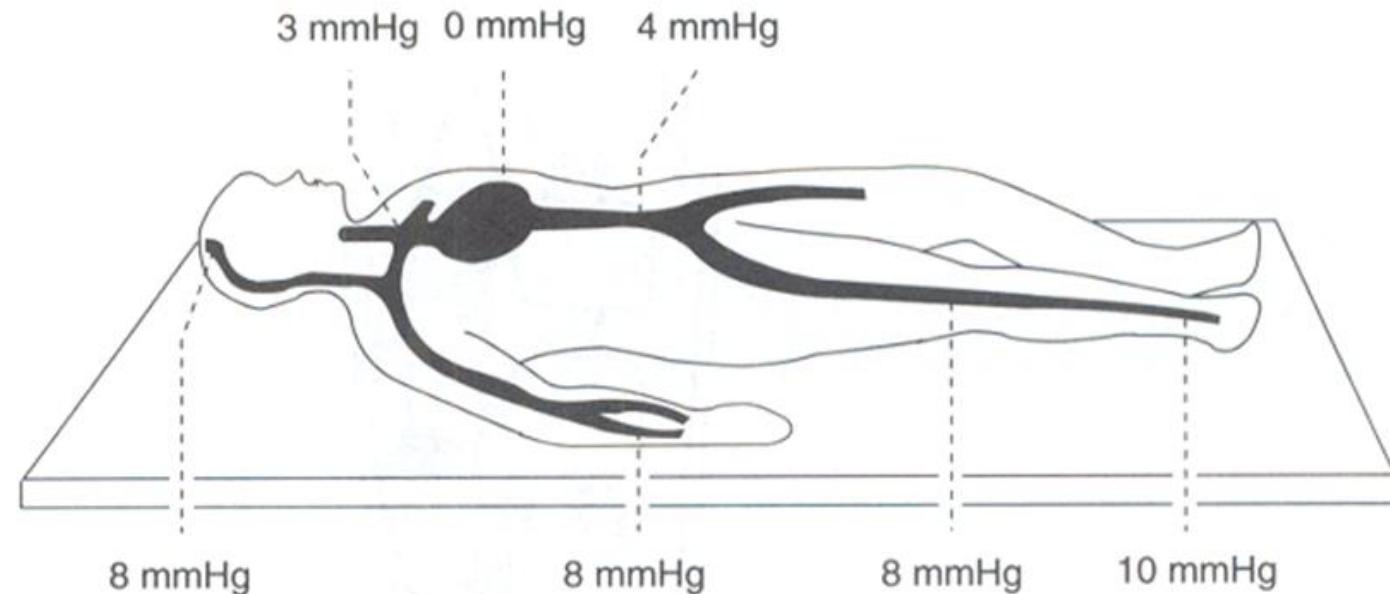
- Écoulement du sang :

péphérie tissulaire
(haute pression)



OD

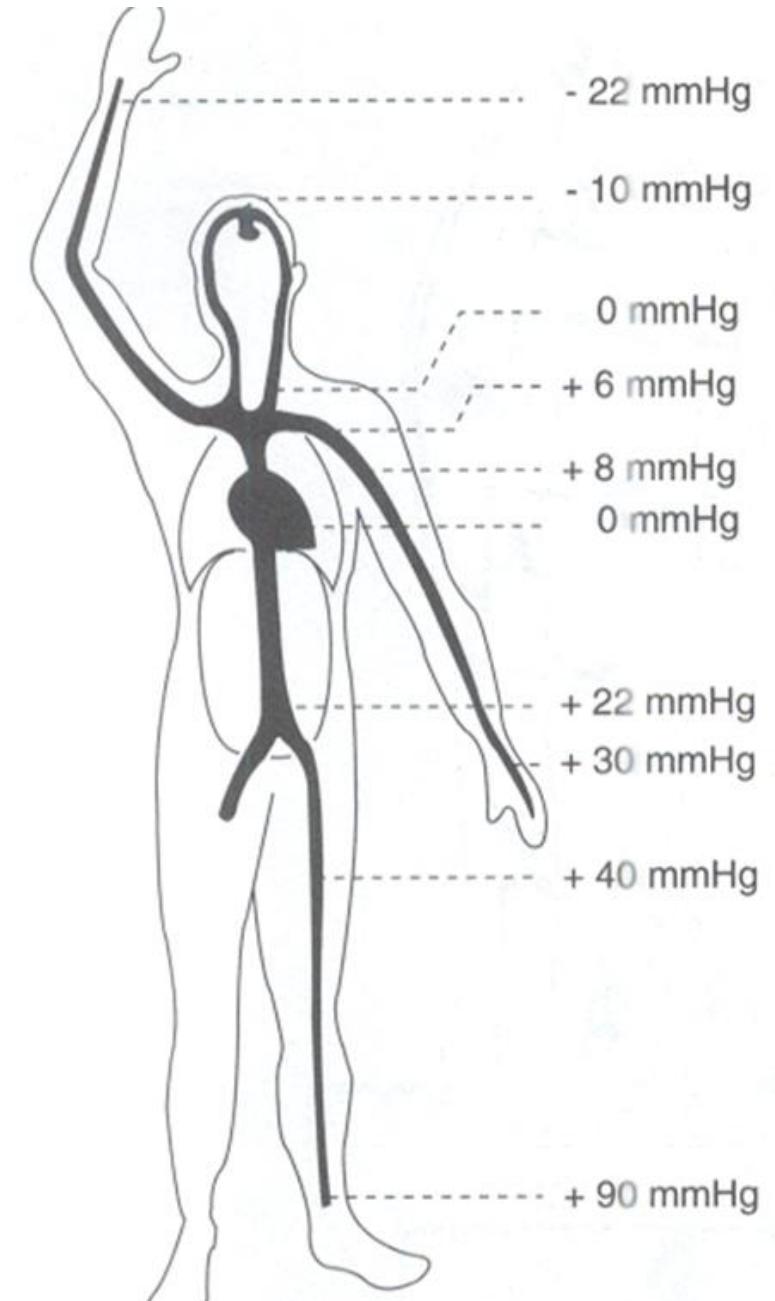
(basse pression)

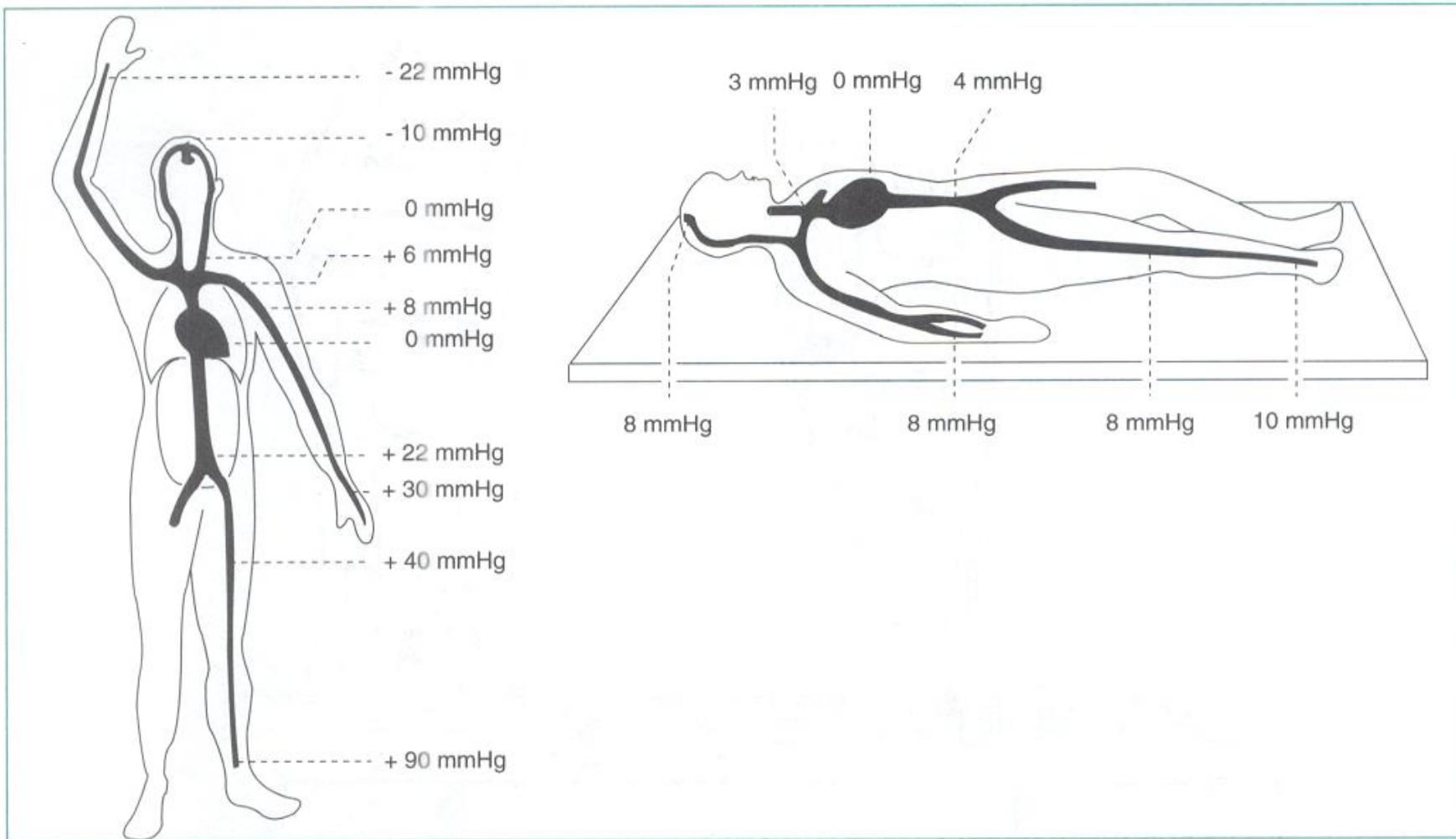


Sujet debout

Orthostatisme :

- → fort gradient de pression hydrostatique
- Pression :
 - ↘ dans les territoires supra-cardiaques
 - ↗ dans les territoires infra-cardiaques



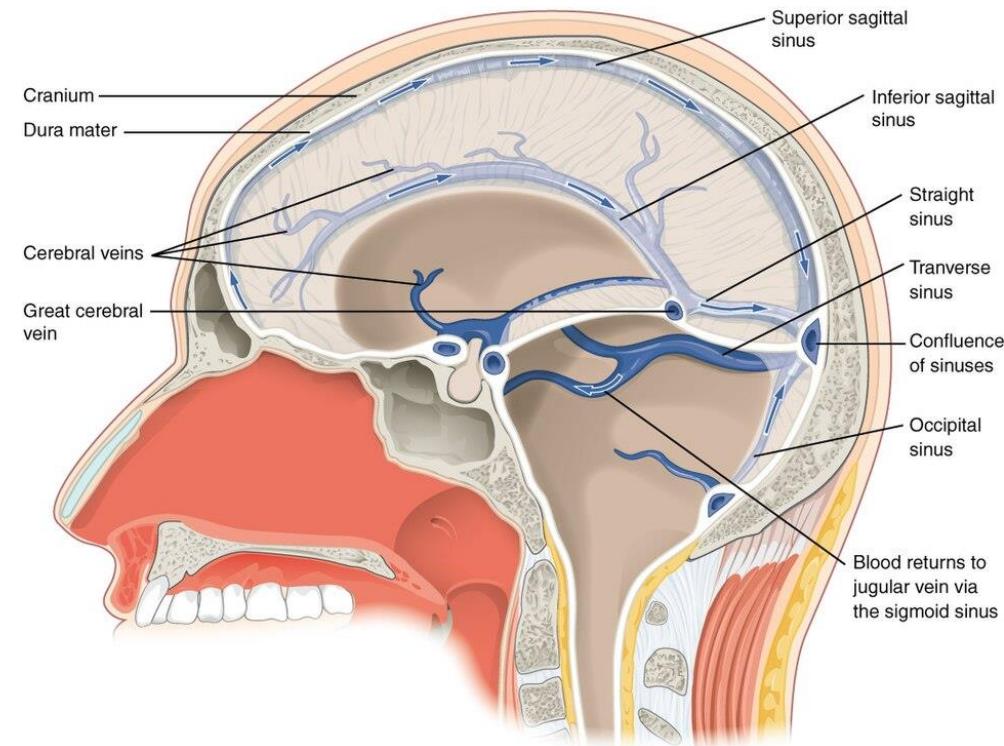


Pressions dans l'oreillette droite et dans les veines systémiques, mesurées en position debout et en position couchée.

Sujet debout

- Dans les veines intra-craniennes :

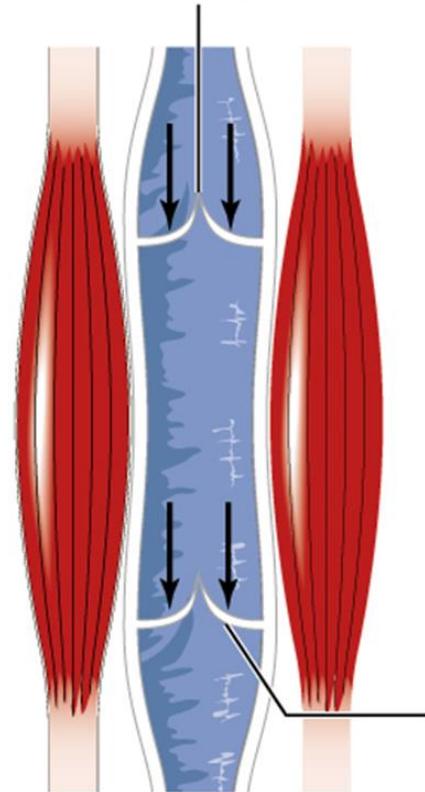
- $P \downarrow$ de 20mmHg < P barométrique
- Dure-mère : structure rigide
- P du LCR \downarrow aussi
- P transmurale : ne varie pas qlq soit la position



Sujet debout

- Au niveau des pieds :
 - $P \nearrow$ de 100mmHg
 - P tissulaire : varie peu
 - $\rightarrow P$ transmurale \nearrow : 120mmHg : (x) 4 à 5 fois
 - Tension pariétale \nearrow
 - \rightarrow distension des veines
 - $\rightarrow \nearrow$ du volume sanguin
- Si sujet immobile :
 - la présence de valvules ne permet pas de couper la colonne sanguine et donc de s'opposer à l'augmentation de pression

Les valves empêchent le reflux sanguin



Le muscle du mollet est détendu

Vignette clinique

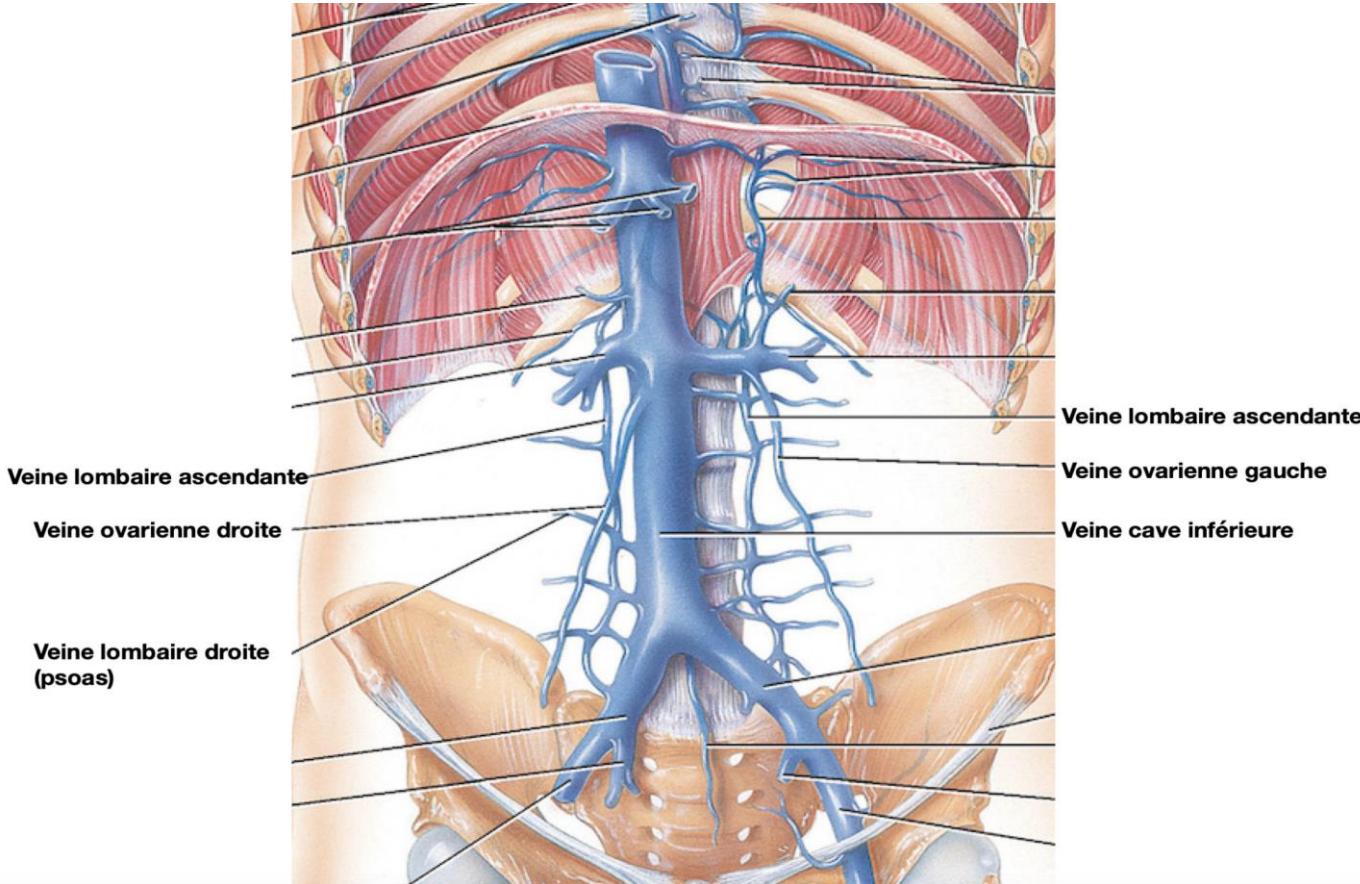
La position debout prolongée

- provoque des **œdèmes** (gonflements) dans les jambes
 - le sang stagne,
 - le liquide s'accumule, surtout par gravité,
- ceci est accentué par l'insuffisance veineuse
- pour soulager, il faut :
 - **surélever les jambes** (au-dessus du cœur),
 - **marcher**,
 - **utiliser des bas de contention**



Sujet debout

- Au niveau abdominal :
 - P cavité abdominale ↗
 - P intra-veineuse ↗
 - → P transmurale : peu modifiée

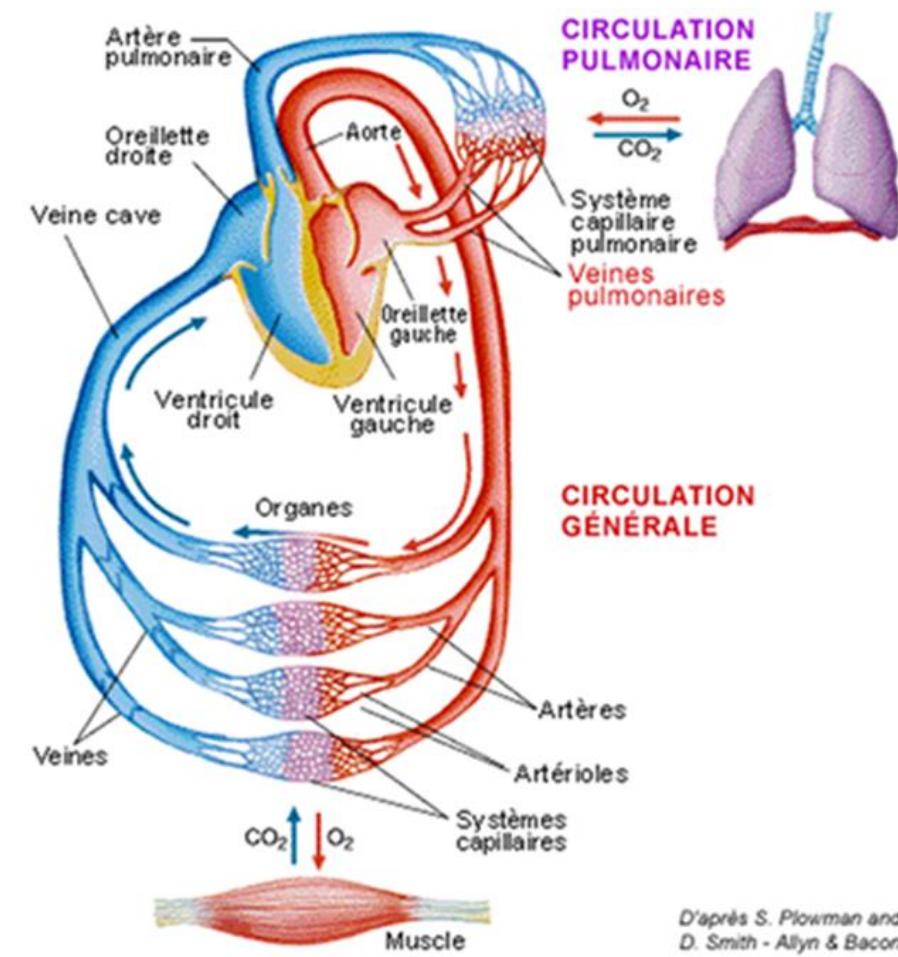


LE MÉCANISME DE LA CIRCULATION VEINEUSE

- La contraction du VG, cause unique de la circulation veineuse
- Facteurs agissant sur la circulation veineuse
- Le rôle de vase d'expansion: l'aspect capacitif

La contraction du VG, cause unique de la circulation veineuse

- Contraction VG → création de différence de pression entre l'entrée (veinules) et la sortie (OD) de la circulation de retour
- Arrêt contraction VG → arrêt de la circulation
- ↑ P OD → ↓ gradient de pression → gêner la circ V
- ↓ P OD → ↑ gradient de pression → favoriser circ V



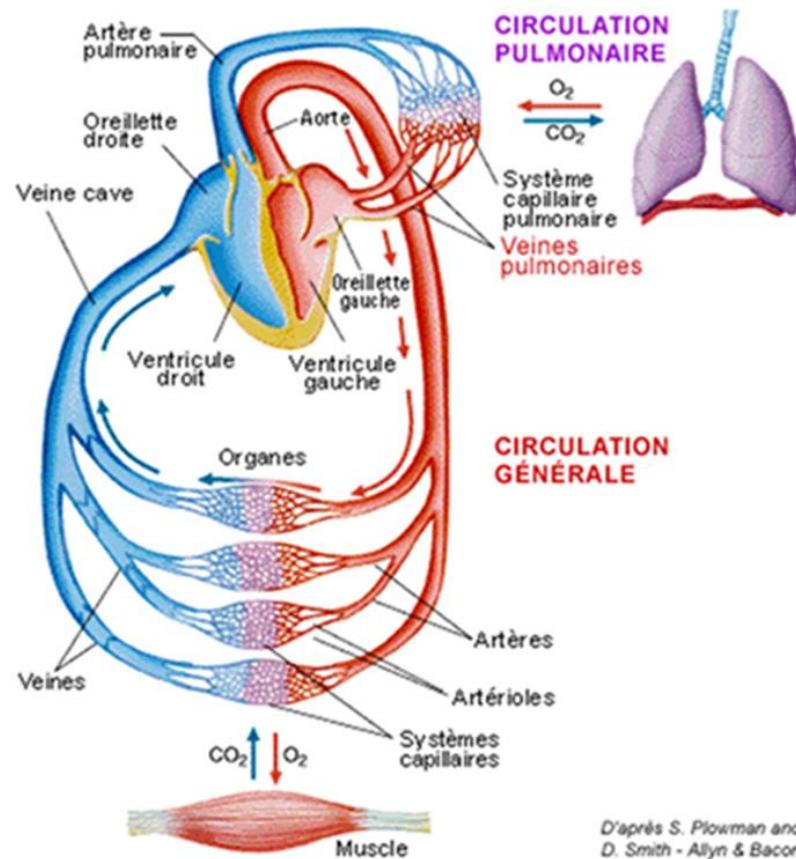
D'après S. Plowman and
D. Smith - Allyn & Bacon

Facteurs agissant sur la circulation veineuse

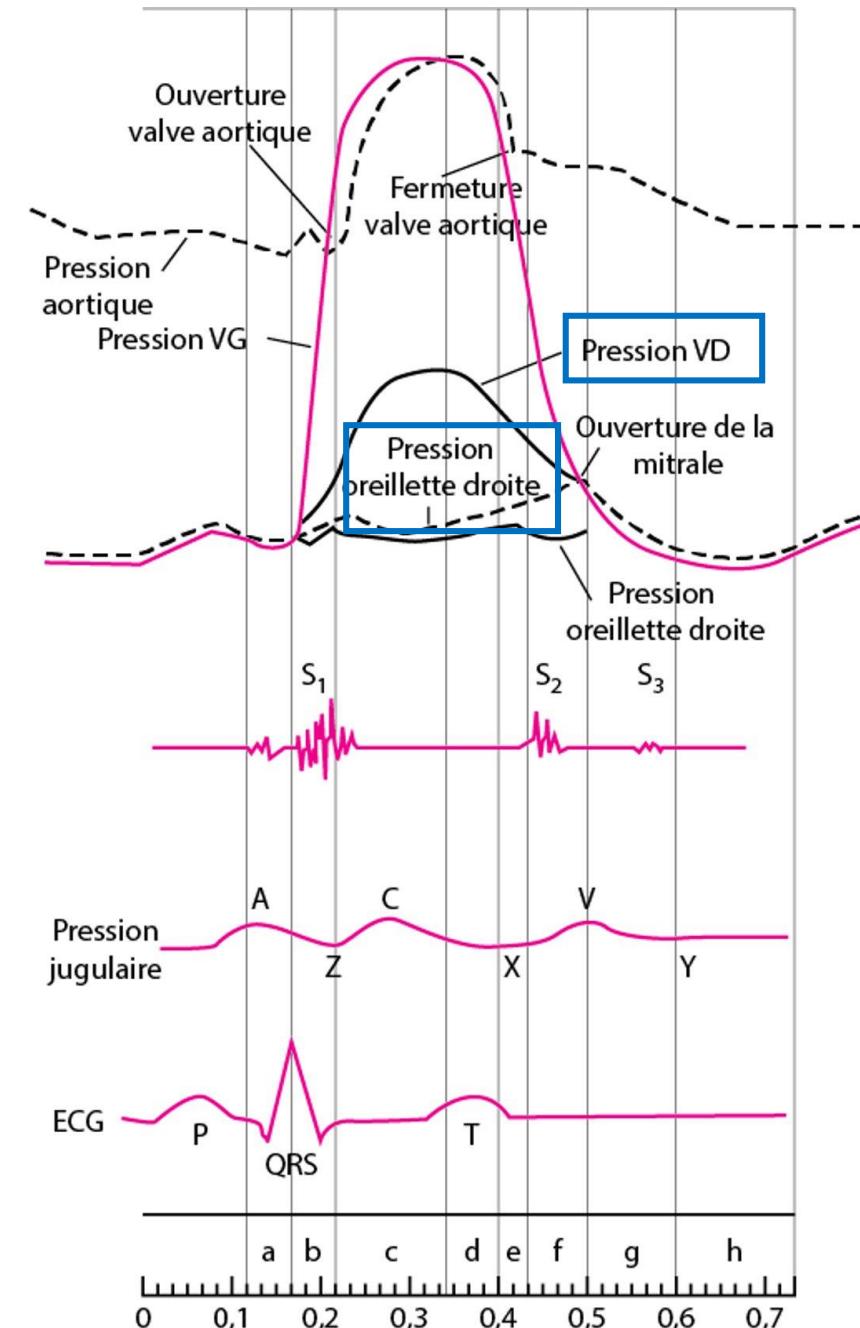
- Facteur ventriculaire droit
- Facteur ventilatoire
- La position du corps
- La contraction musculaire et l'intervention des valvules

Facteur ventriculaire droit

- En diastole :
 - Sang : OD → VD →
↓ P OD
- En systole :
 - Éjection systolique dans l'A pulmonaire
 - → ↓ P OD



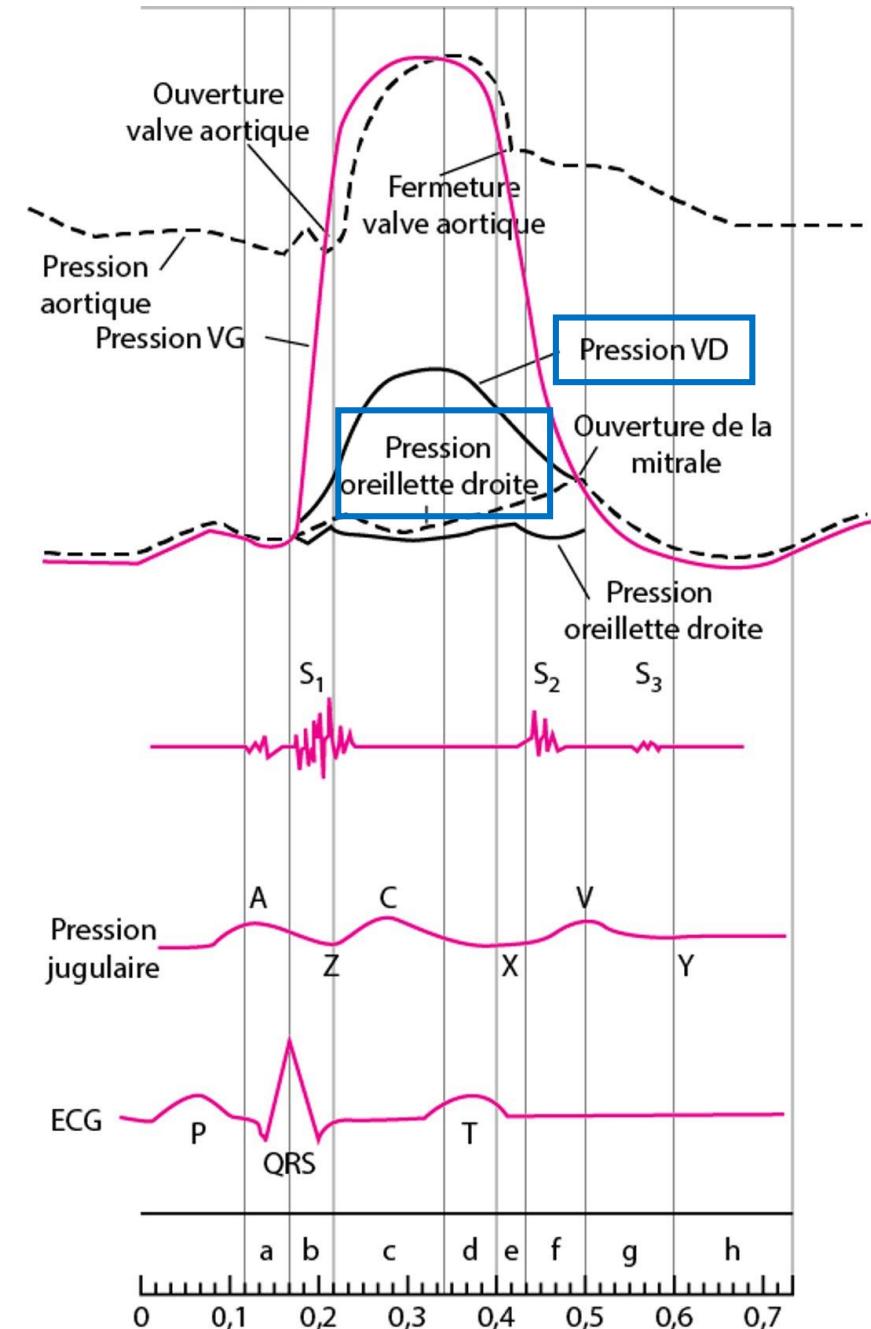
D'après S. Plowman and
D. Smith - Allyn & Bacon



Facteur ventriculaire droit

OD	a	6
	v	5
	moyenne	3
VD	pic	25
	téldiastole	4
AP	pic	25
	diastole	9
	moyenne	15
Capillaire moyen		8
OG	a	10
	v	12
	moyenne	8
VG	pic	130
	téldiastole	8
Ao	pic	130
	diastole	70
	moyenne	85

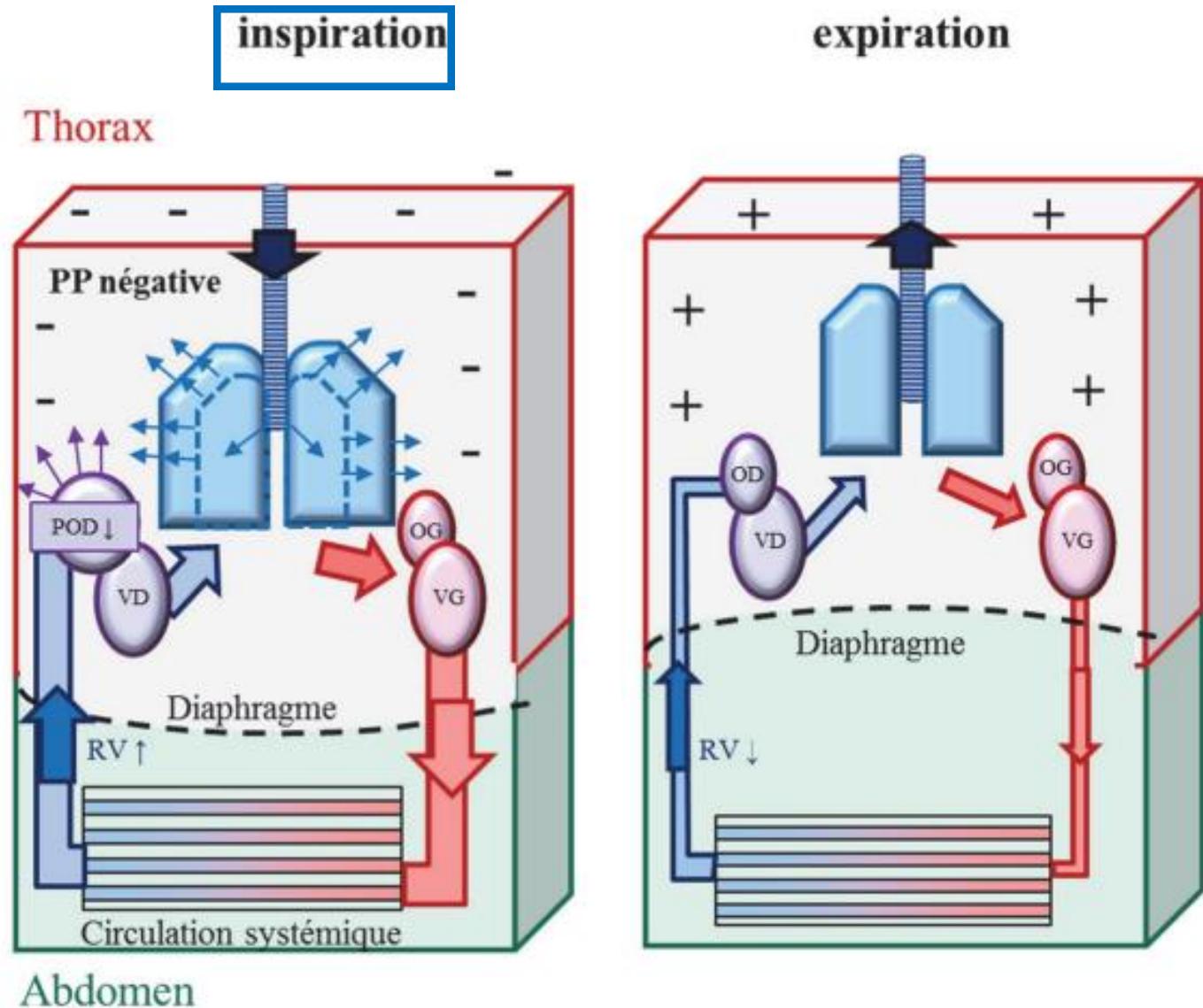
Valeurs normales
des pressions
en mm de Hg



Facteur ventilatoire

- Inspiration

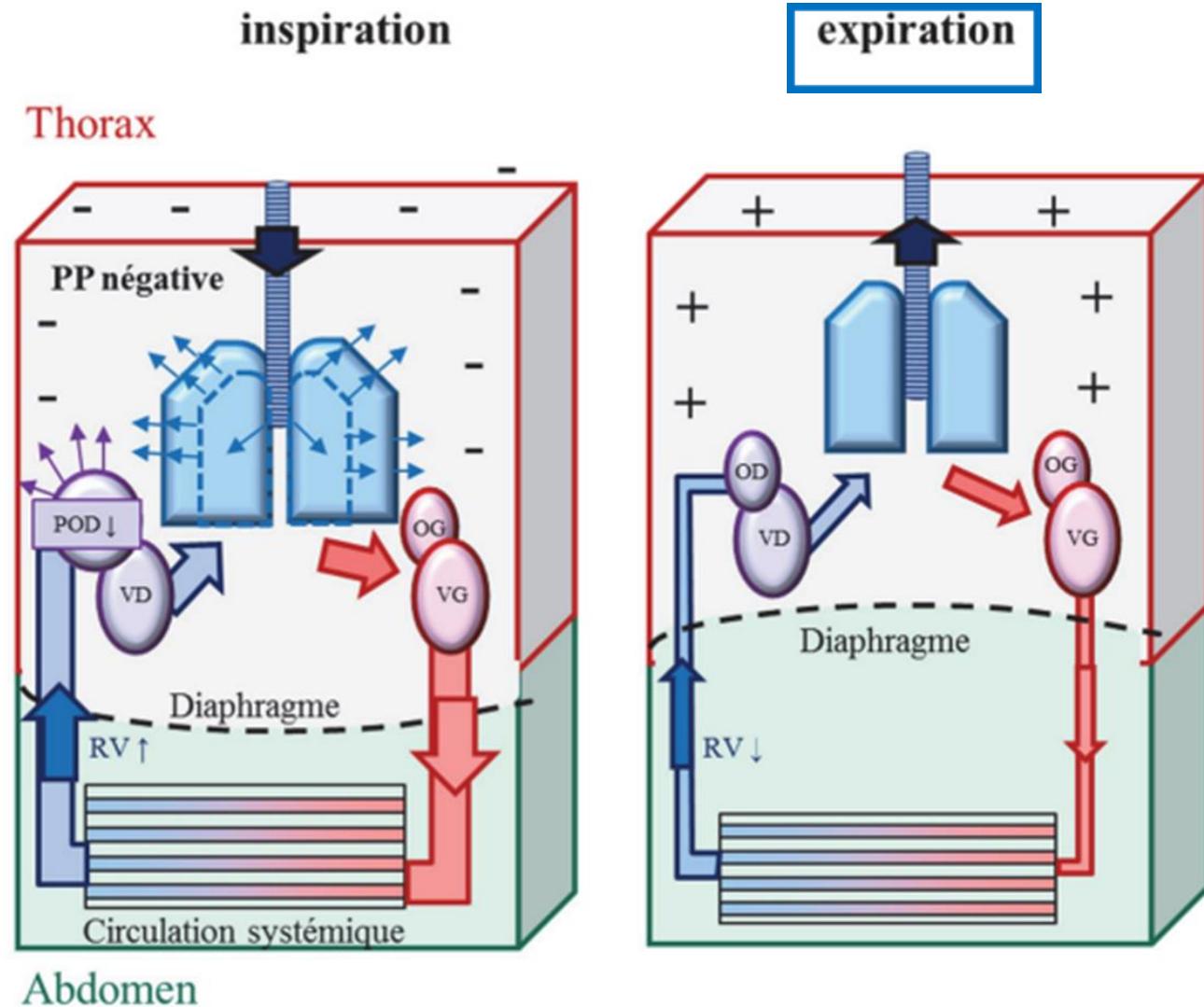
- Contraction des muscles inspiratoires
- → ↓ pression intra-thoracique
- → ↓ P OD
- → ↑ retour veineux
- Inspiration forcée +++



Facteur ventilatoire

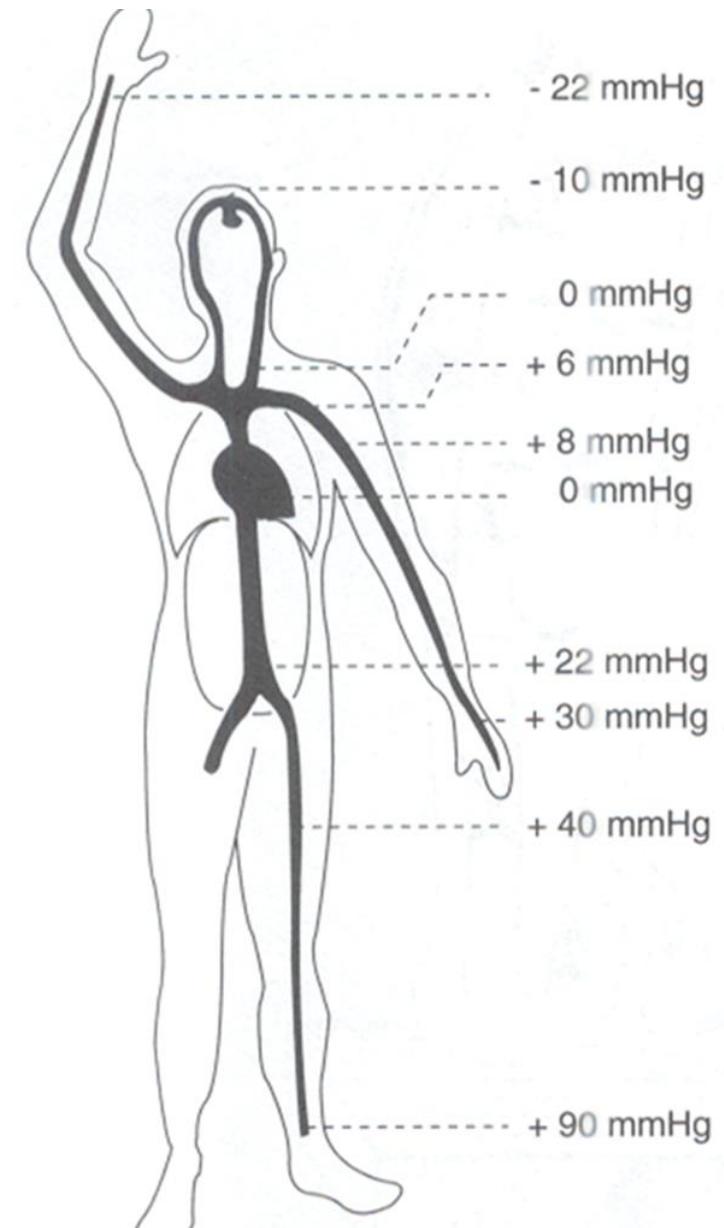
- **Expiration**

- Relaxation des muscles inspiratoires
- → ↑ pression intra-thoracique
- → ↑ P OD
- → ↓ retour veineux
- Expiration forcée +++



La position du corps

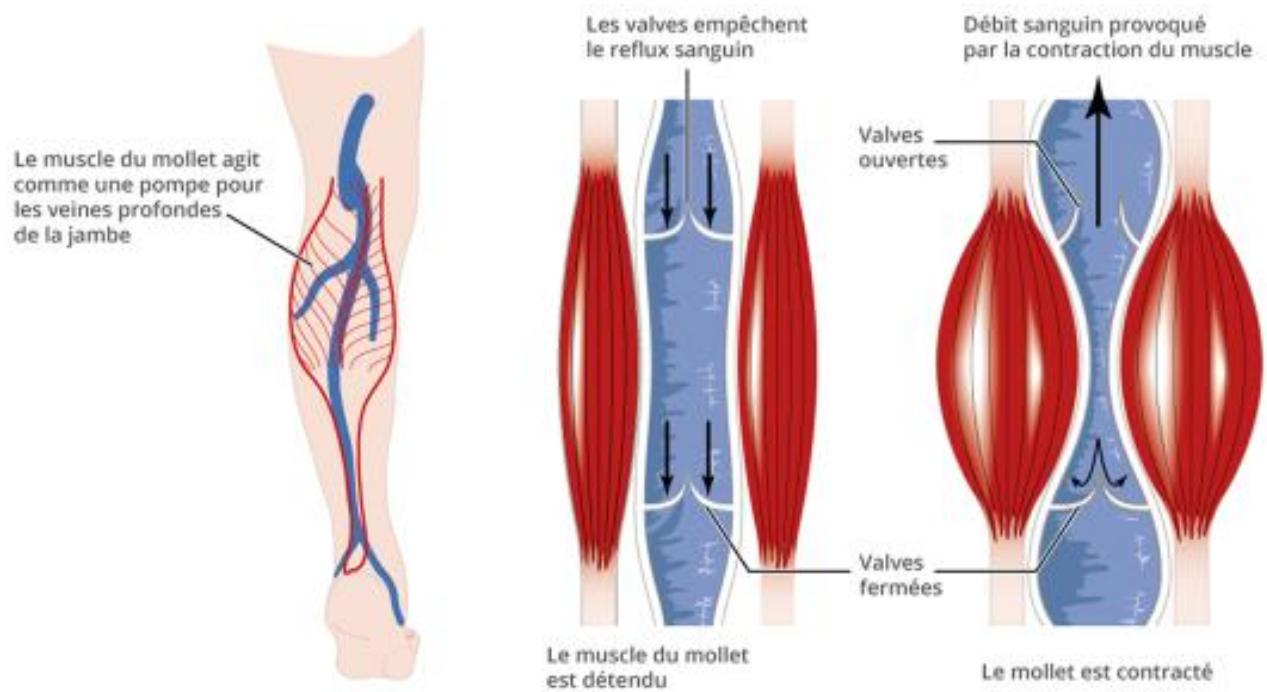
- Position verticale :
 - Gêne la circulation de retour des membres inférieurs
 - Facilite la circulation de retour des régions supra-cardiaques



La contraction musculaire et l'intervention des valvules

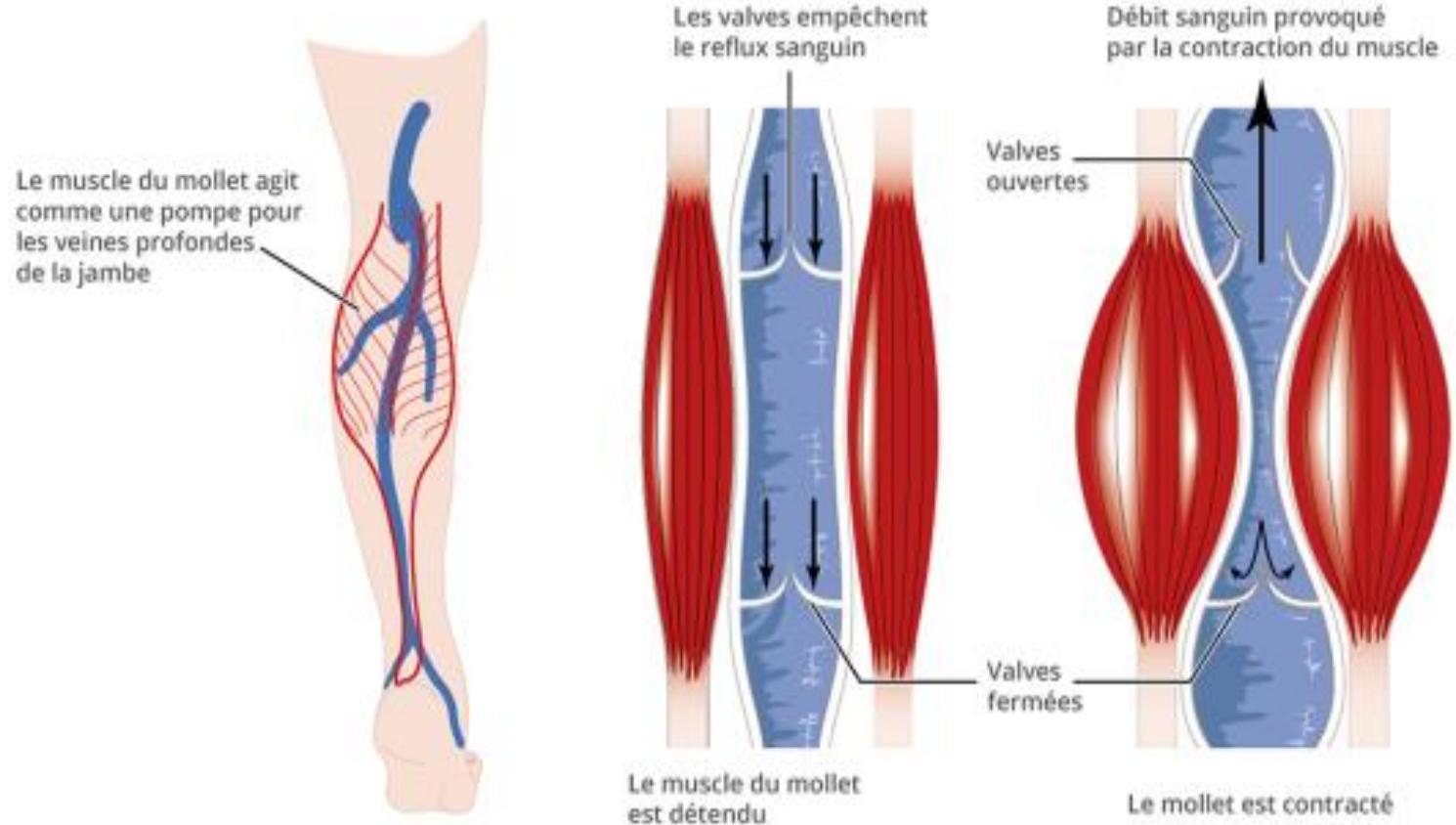
Au niveau des membres inférieurs :

- Type de contraction :
 - Statique
 - Discontinue : dynamique : marche
- Position du corps
- Valvules veineuses



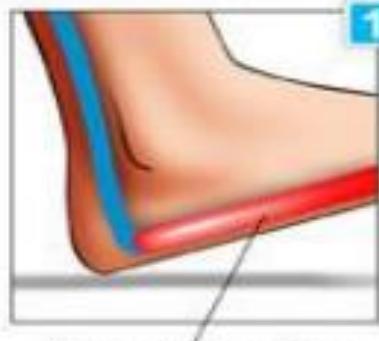
La contraction musculaire et l'intervention des valvules

- Lors d'un effort statique :
 - Contraction des muscles → comprimer les veines → ↘ la circulation veineuse de retour voir même l'arrêter
- Lors d'un effort dynamique : marche :
 - Relaxation musculaire → remplissage des segments veineux
 - Contraction musculaire → propulser le sang vers les segments veineux d'aval

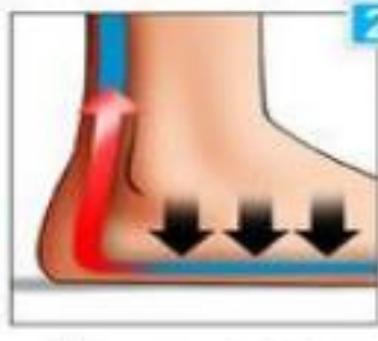


LE RÔLE DE LA MARCHE

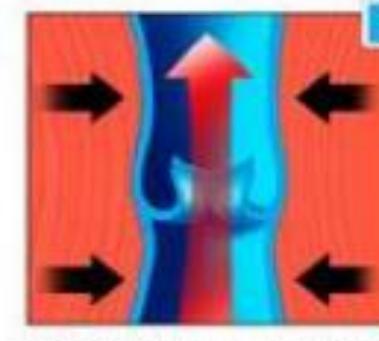
Écrasement des collecteurs veineux du mollet à chaque pas, les valvules obligeant à une progression vers le haut (cœur)



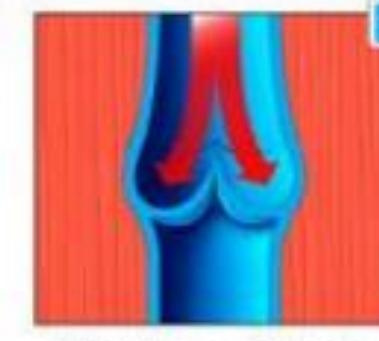
Sang contenu dans la semelle veineuse



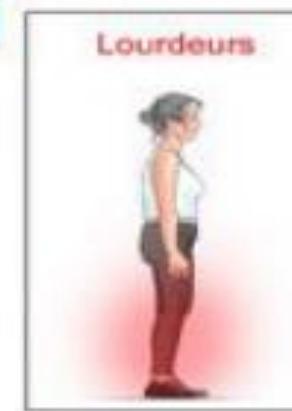
Écrasement de la semelle veineuse



Contraction musculaire



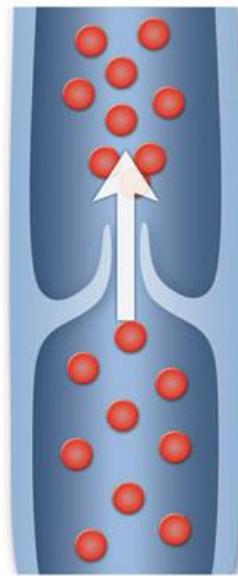
Valvule empêchant le reflux du sang



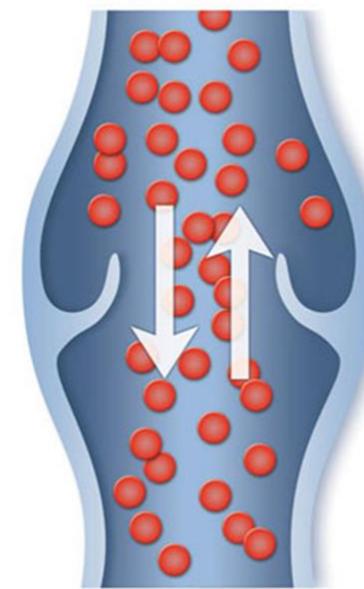
La contraction musculaire et l'intervention des valvules

Perte d'étanchéité des valves :

- Exp : Varices
- ↗ le volume sanguin dans les MI
- ↘ l'effet facilitateur de la contraction musculaire sur le retour veineux



Valves normales



Valves défaillantes et incontinentes

Vignette clinique : Varices des MI

- Varice (OMS) :
veine superficielle dilatée et tortueuse dans
laquelle le sang circule à contre courant,

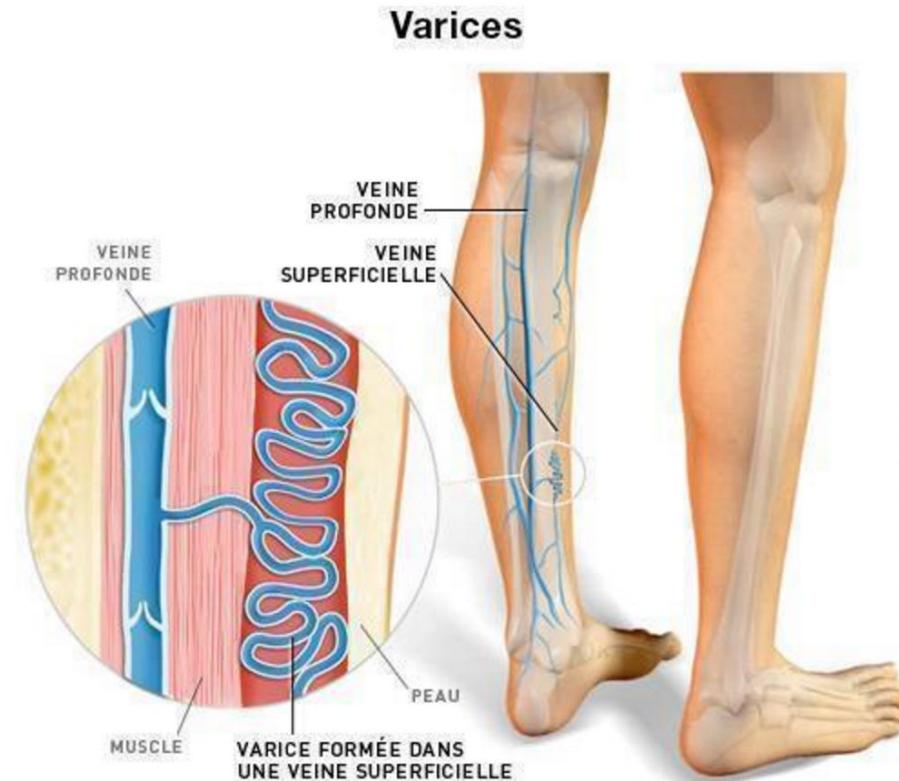
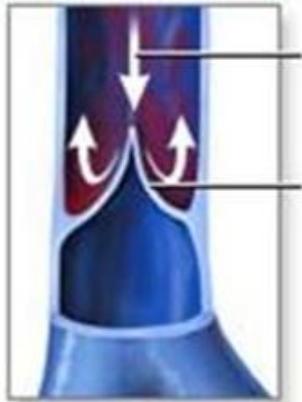


Illustration : Michel Röyleau



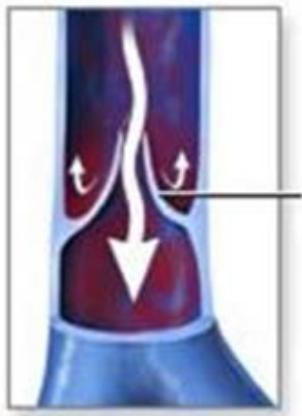
Varice

Veine normale

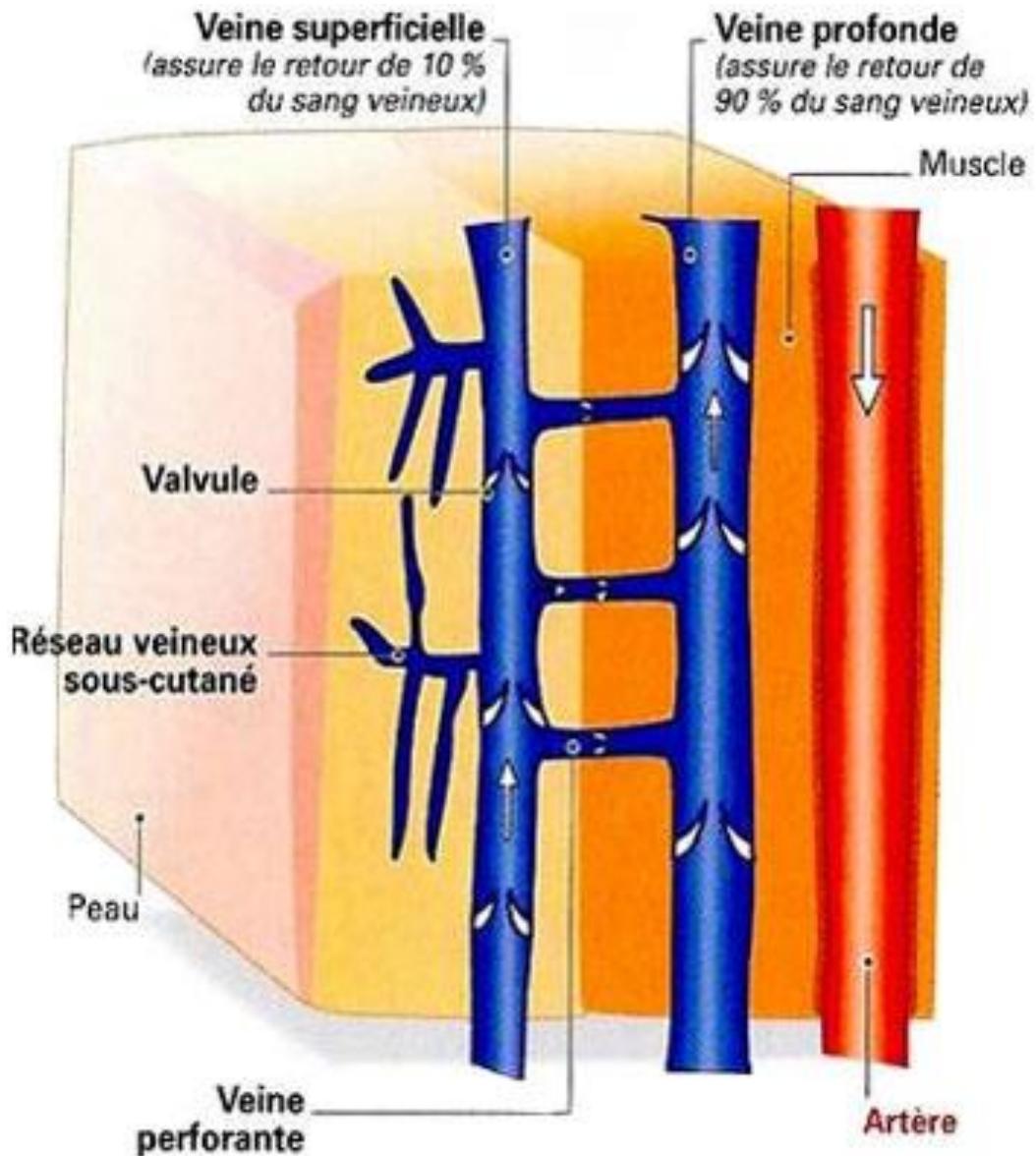


Valvules en bon état,
fermées
(la circulation de retour est efficace)

Varice



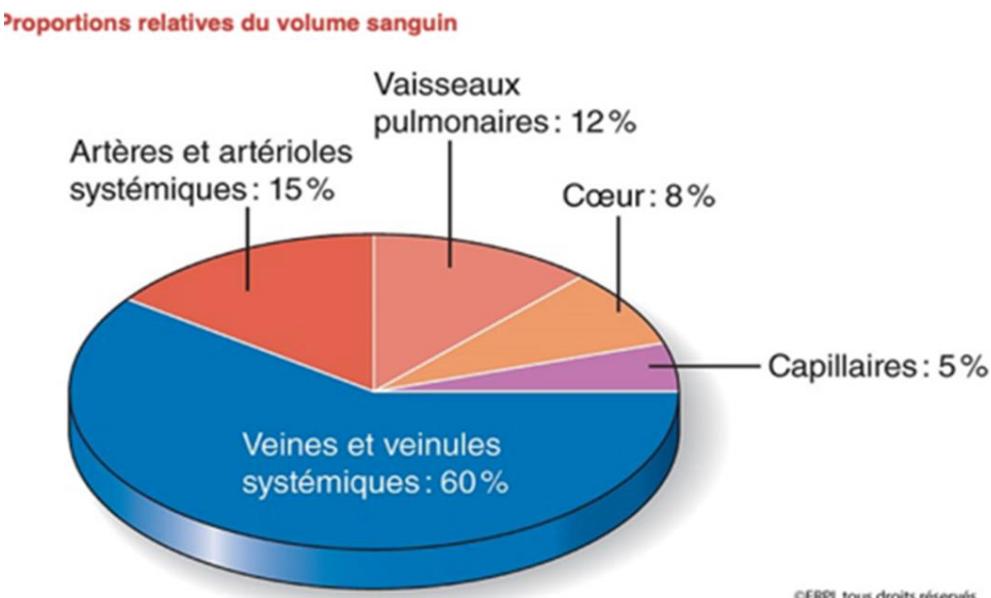
Valvules
ouvertes
(le sang stagne)

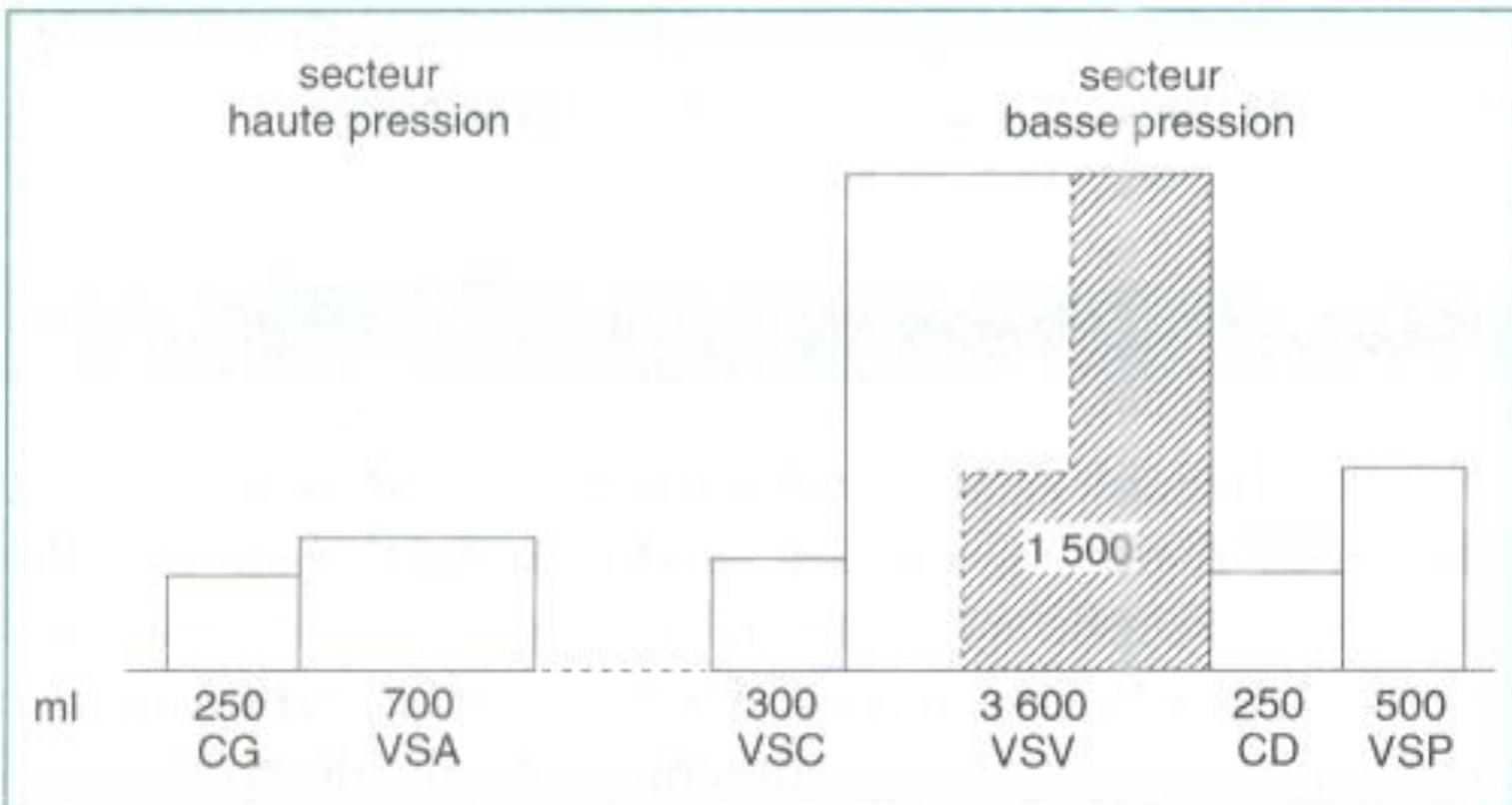


Le rôle de vase d'expansion: l'aspect capacitif

- Orthostatisme

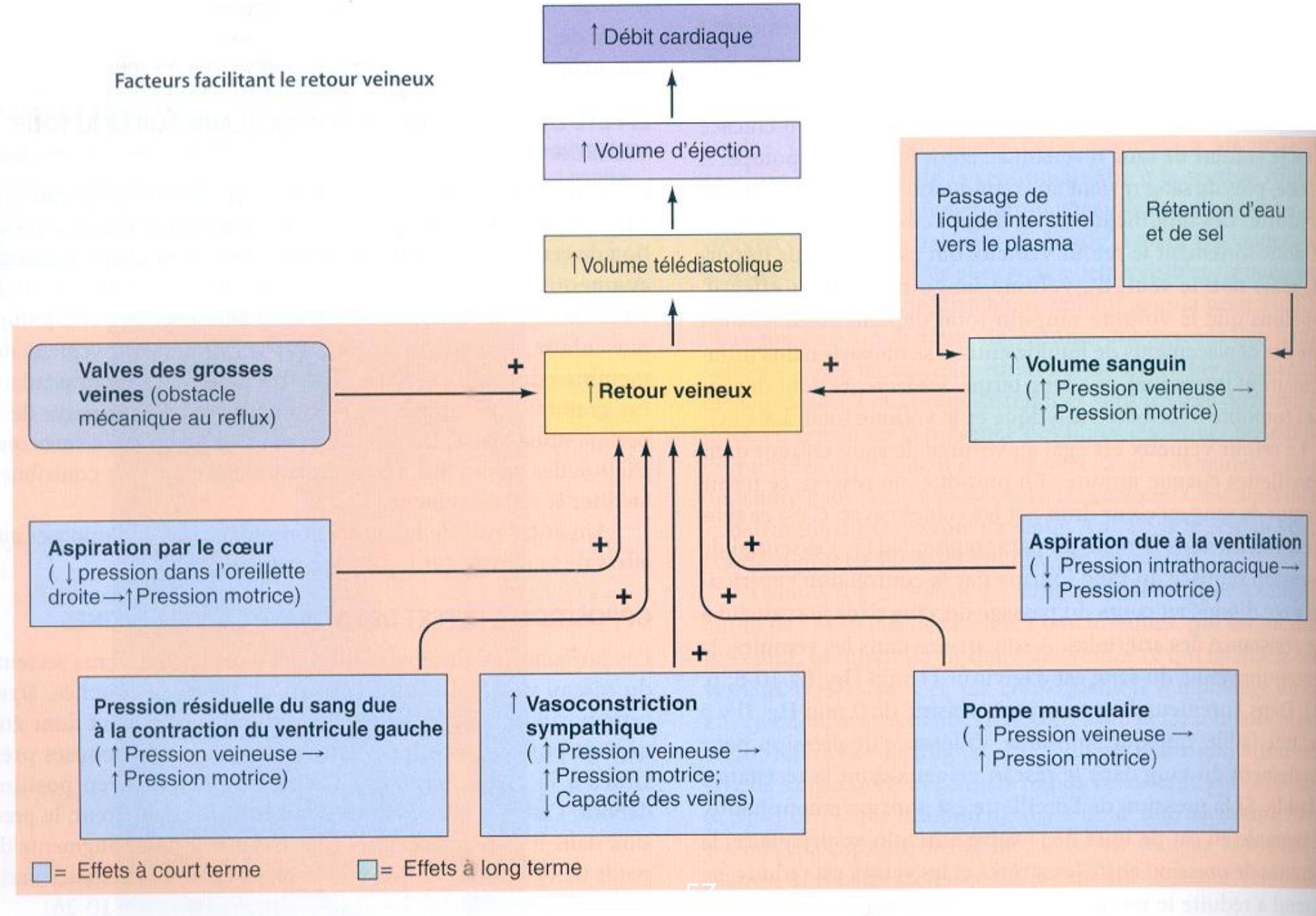
- → accumulation du sang dans les MI
- ↴ volume sanguin dans le système à basse pression : circulation pulmonaire



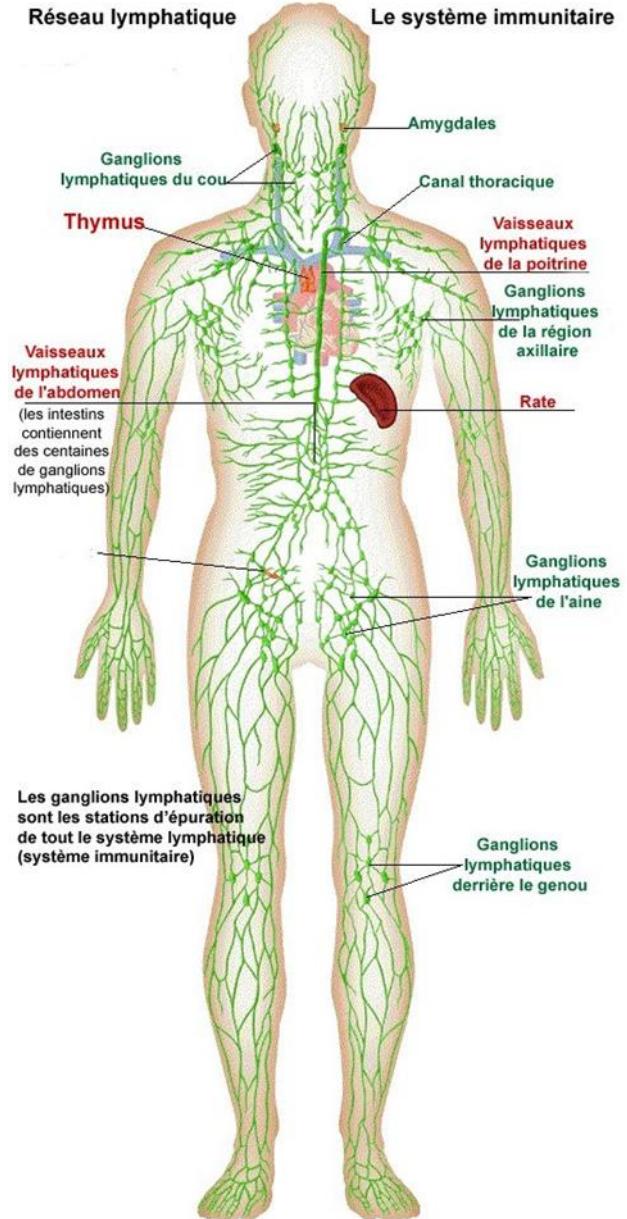
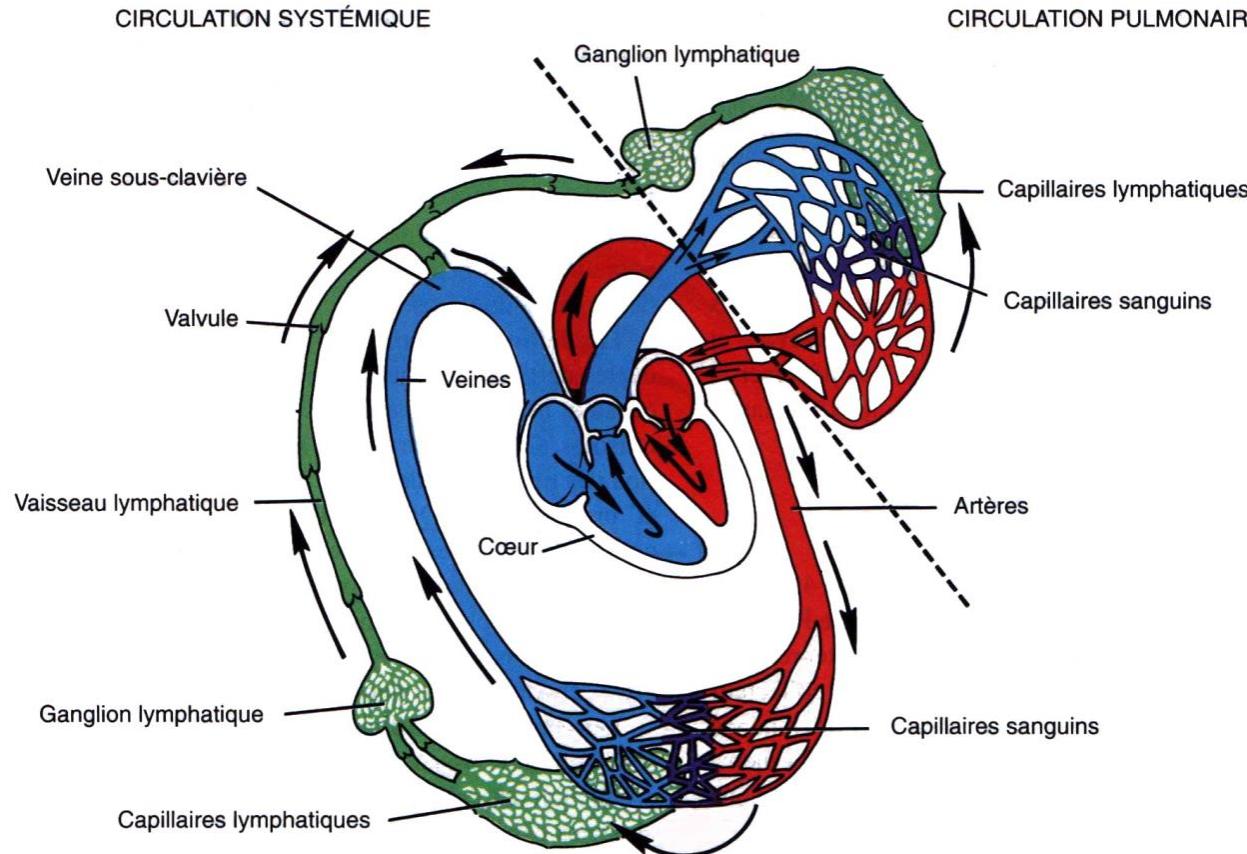


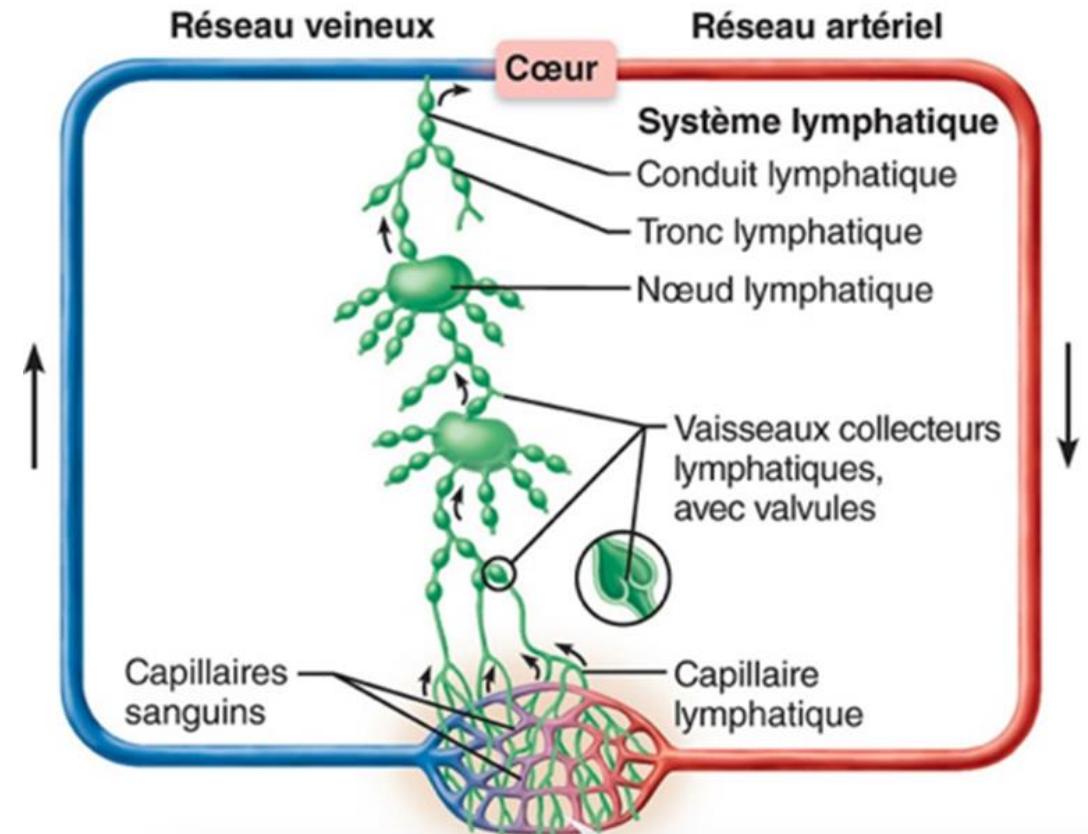
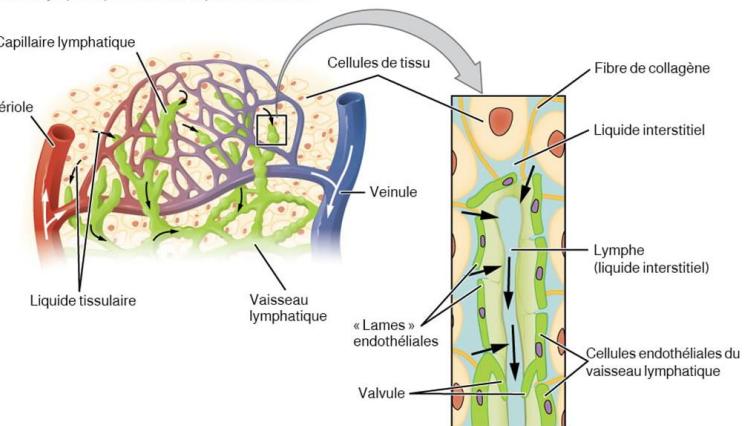
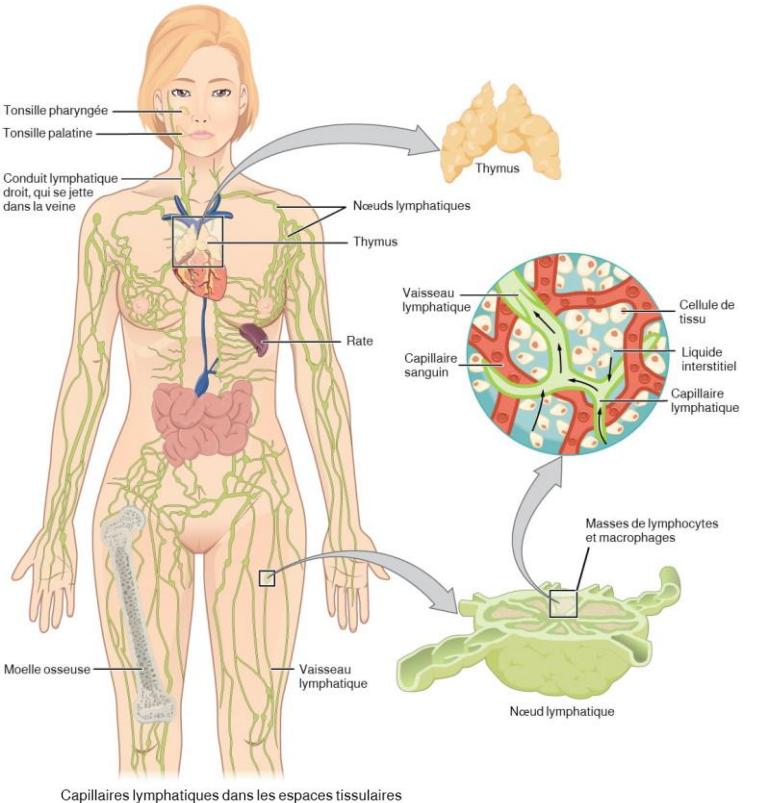
Répartition du volume sanguin total entre les différents secteurs du système circulatoire. Le schéma fait apparaître l'importance de la capacité veineuse, en particulier dans les vaisseaux du système porte (en hachuré).

CD, CG : cavités cardiaques droite et gauche ; VSA : volume sanguin artériel ; VSC : volume sanguin capillaire ; VSV : volume sanguin veineux (dont le système porte) ; VSP : volume sanguin pulmonaire.



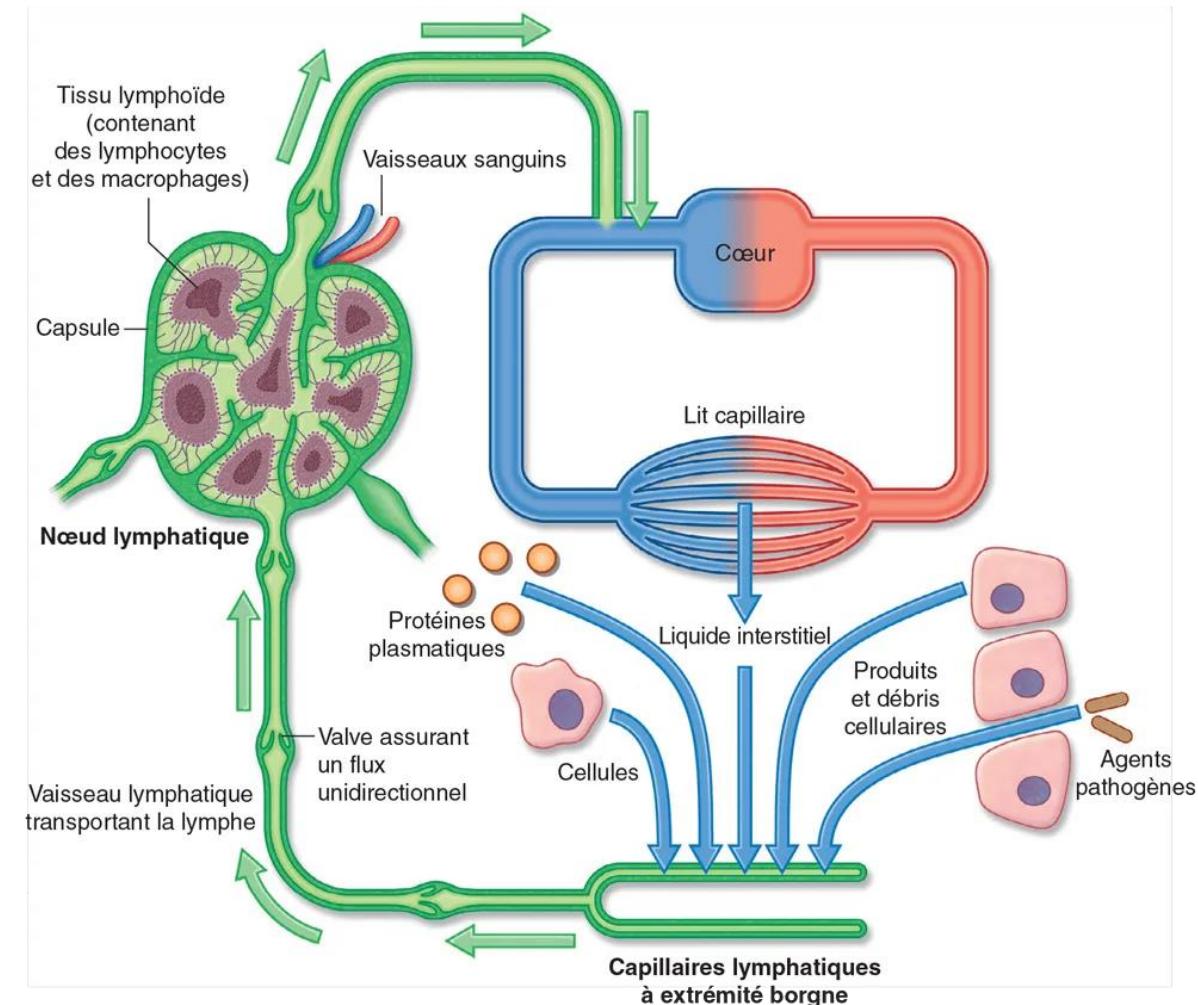
CIRCULATION LYMPHATIQUE





Circulation lymphatique

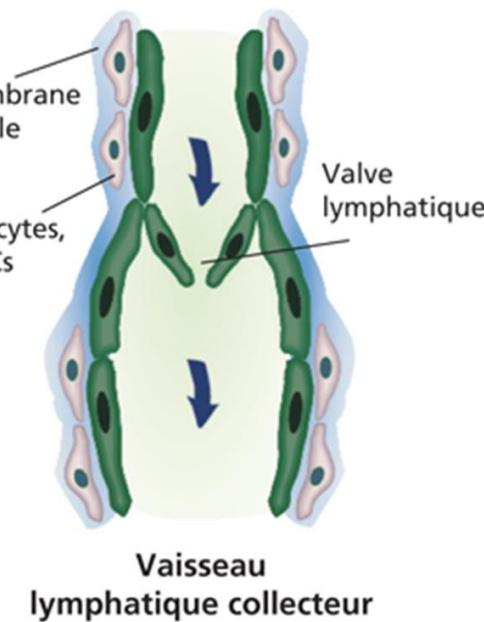
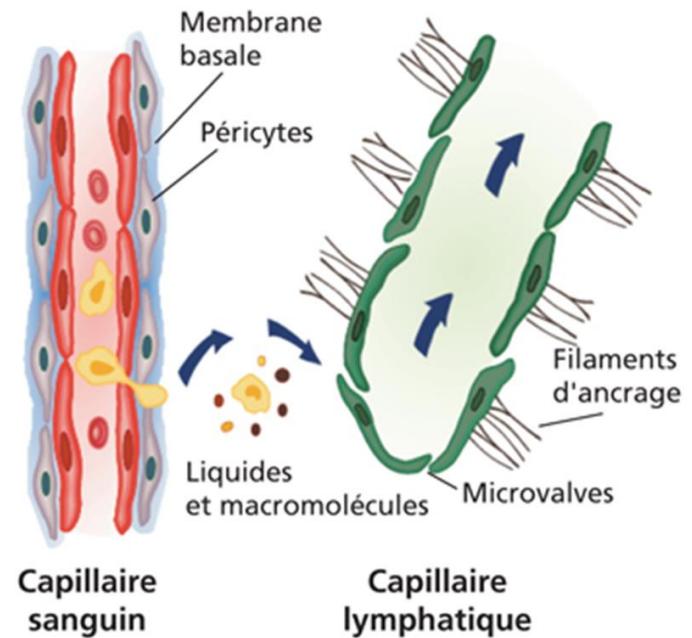
- Circulation de retour
- Caractéristiques :
 - Vaisseaux initiaux : dans l'interstitium
 - Drainer les macromolécules qui ont pu s'échapper hors du système capillaire normal
 - Doubler la circulation veineuse systémique et pulmonaire



ASPECTS MORPHOLOGIQUES

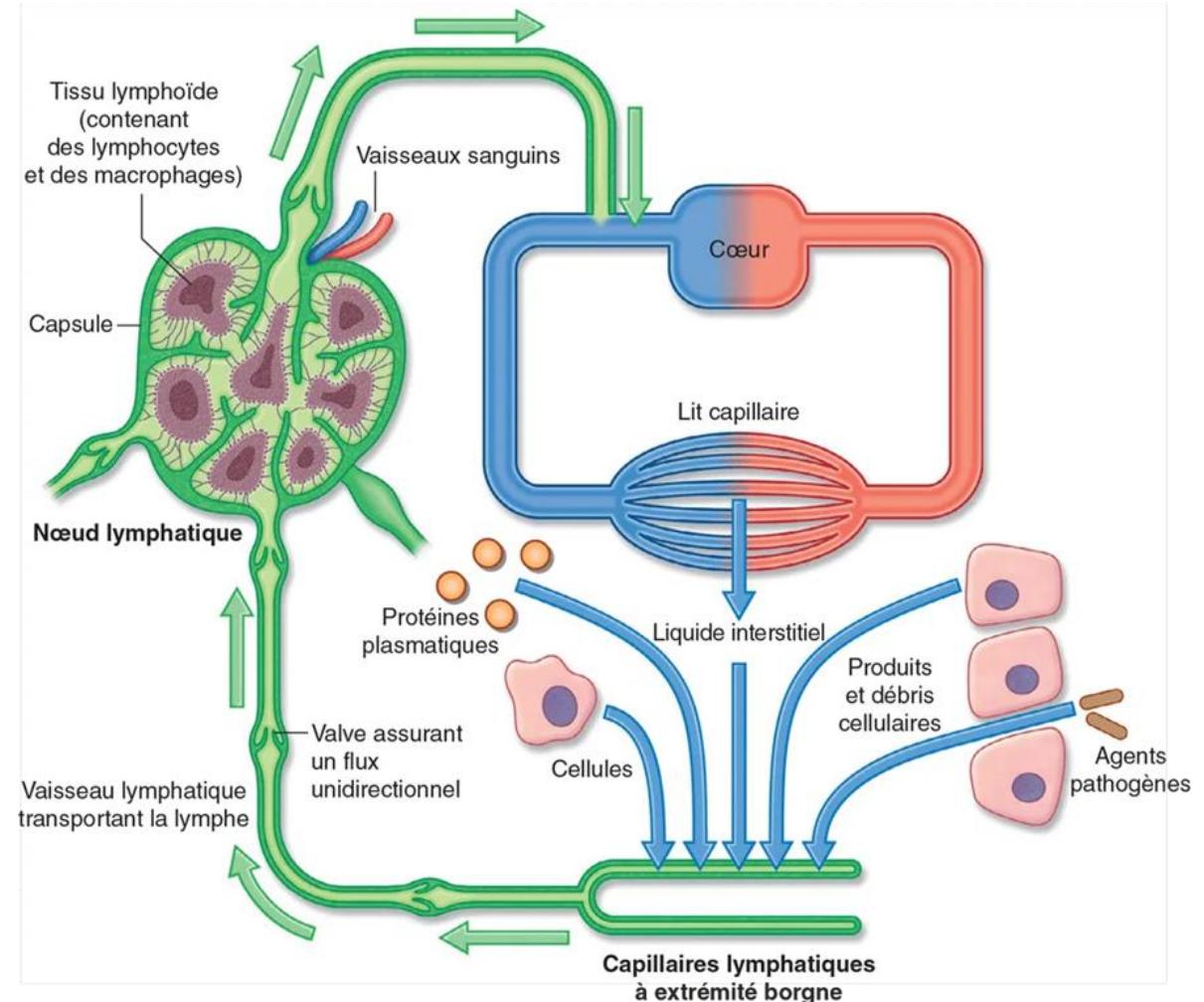
61

- Lymphatiques initiaux :
 - Cylindre de cellules endothéliales non jointives
 - Extrémité initiale : ouverte directement dans l'interstitium
- → anastomoses
- → canalicules lymphatiques
- → vaisseaux lymphatiques
 - Paroi musculaire lisse



ASPECTS MORPHOLOGIQUES

- Collecteurs lymphatiques :
 - Valves, Fibres musculaires → lymphangion
 - Réseaux → ganglions lymphatiques
- → Collecteurs terminaux
- → Canal thoracique
 - Citerne de Pecquet
- → Circulation veineuse
 - Confluent jugulo-sous-clavier



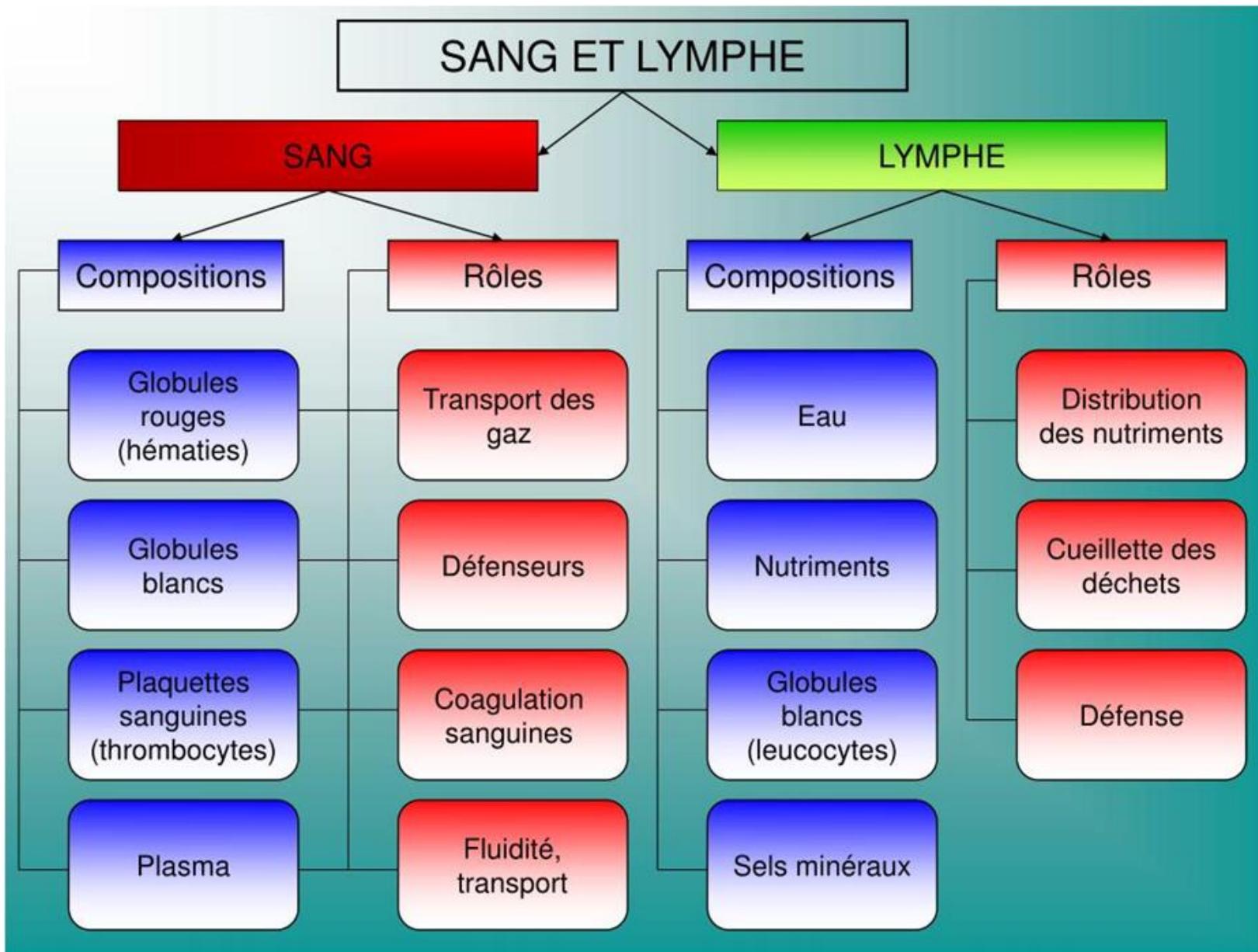
LA LYMPHE

- Composition ionique ≈ plasma
- Concentration en petites molécules ≈ plasma
 - Cependant, plus pauvre en protéines

Composition en substances organiques

Composition en g.L ⁻¹	Lymphe	Plasma
Protides	3	75
Lipides	6	6
Glucides	1	1
Déchets	Urée Autres	0,3 0,04

SANG ET LYMPHE



CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES GÉNÉRALES

- Formation de la lymphe
- Ecoulement de la lymphe
- La pression
- Le débit.

Formation de la lymphe

- A partir du liquide interstitiel
- Protéines :
 - 200g/jour : Transport actif

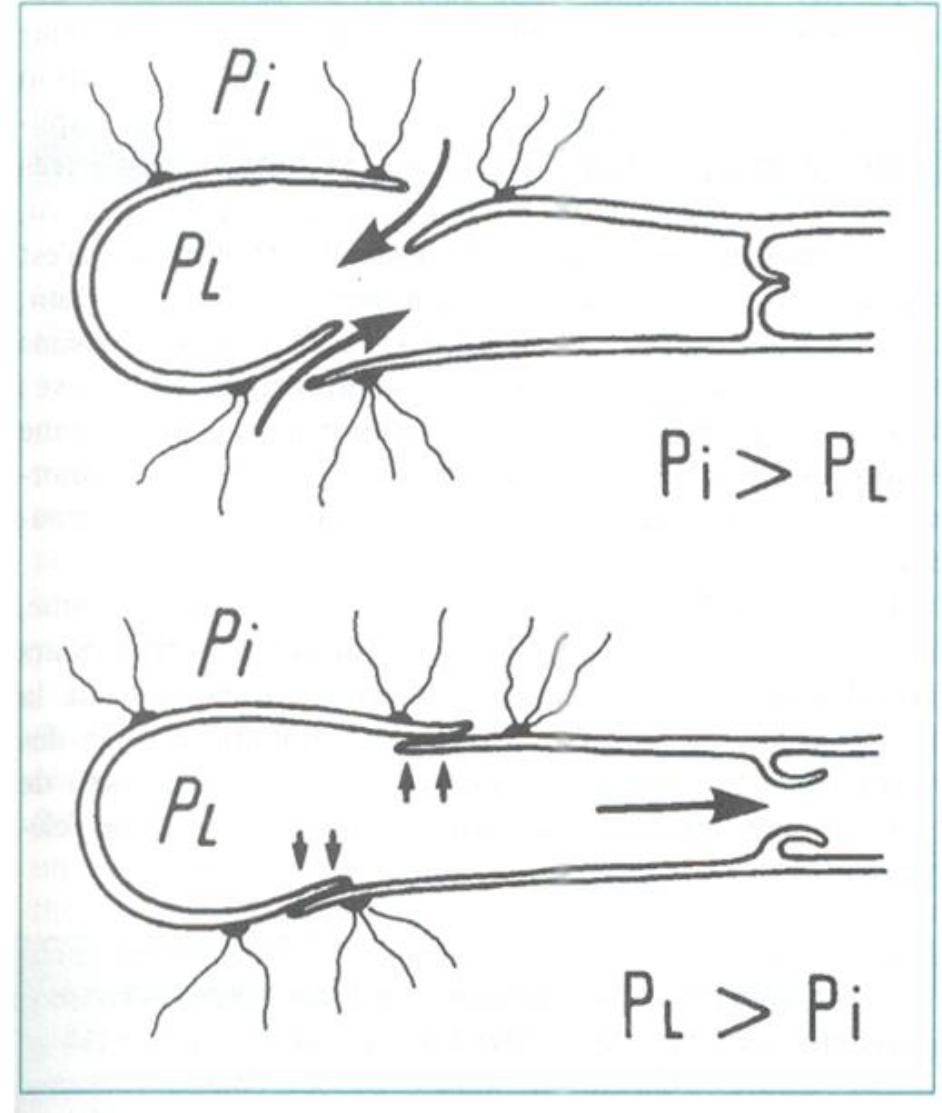
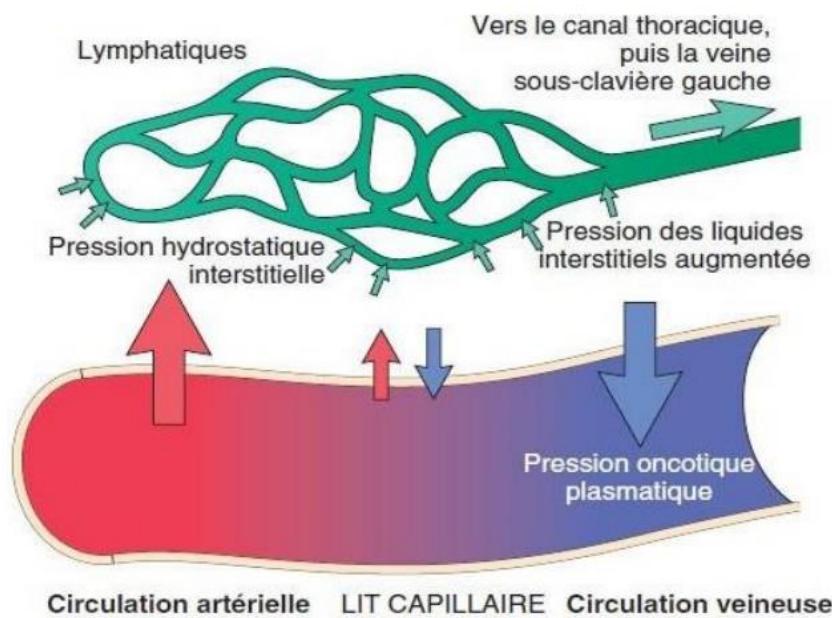


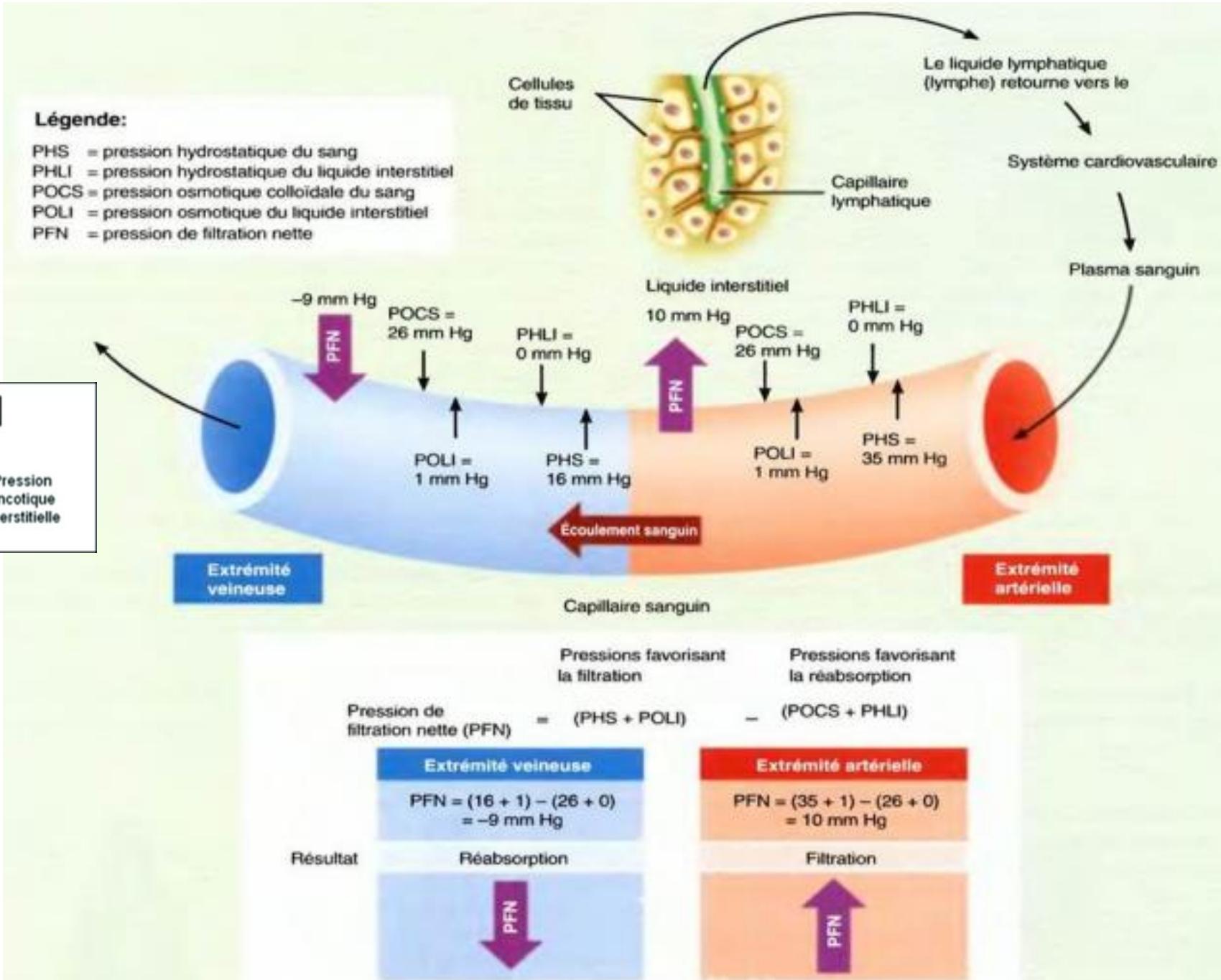
Schéma de fonctionnement d'un capillaire lymphatique selon les pressions régnant de part et d'autre des cellules pariétales. Pi : pression mécanique interstitielle ; Pl : pression mécanique lymphatique.

Légende:

PHS = pression hydrostatique du sang
 PHLI = pression hydrostatique du liquide interstitiel
 POCS = pression osmotique colloïdale du sang
 POLI = pression osmotique du liquide interstitiel
 PFN = pression de filtration nette

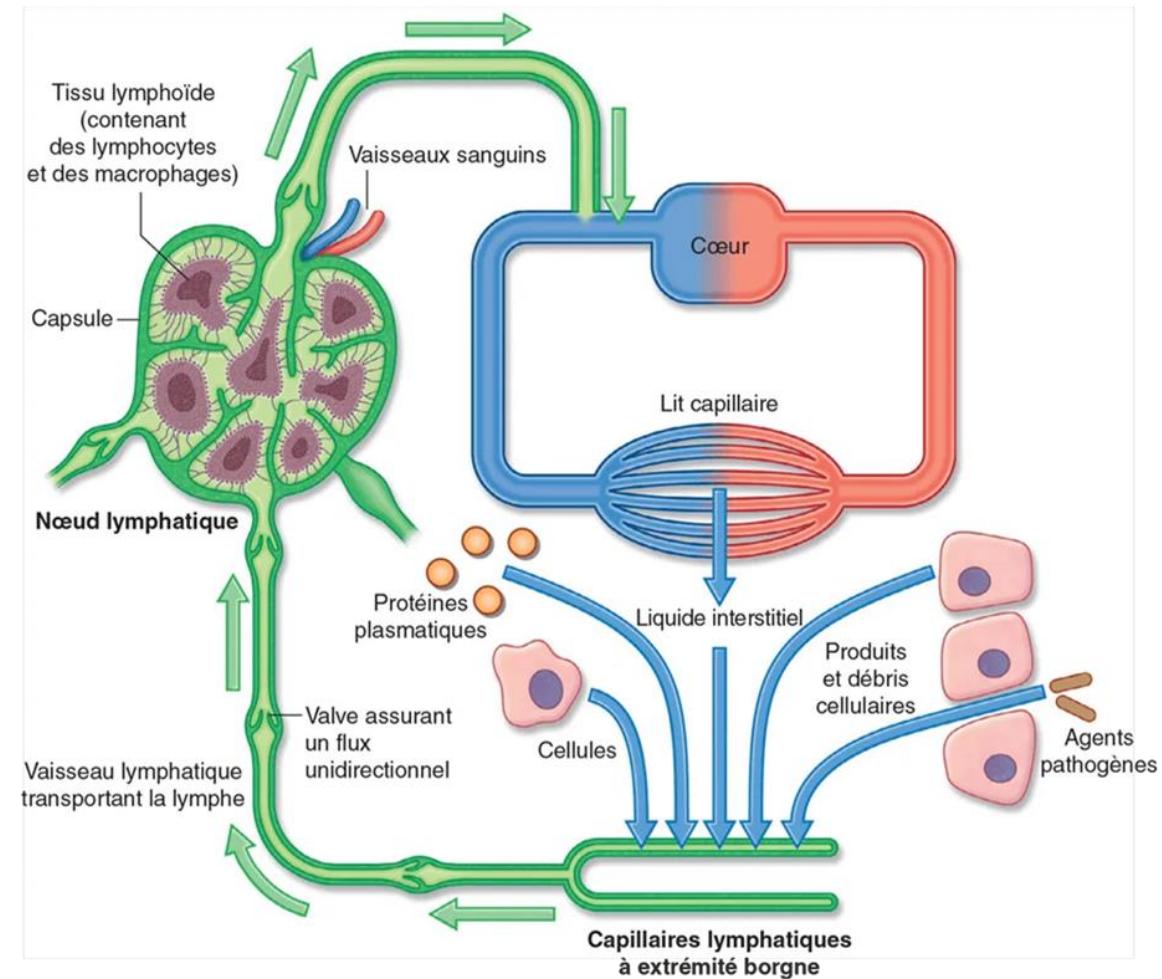
$$\phi F = k [(P_{cap} - P_{int}) - (\pi_{cap} - \pi_{int})]$$

Debit de filtration Coefficient de Permeabilité Pression hydrostatique capillaire Pression hydrostatique interstitielle Pression oncotique capillaire Pression oncotique interstitielle

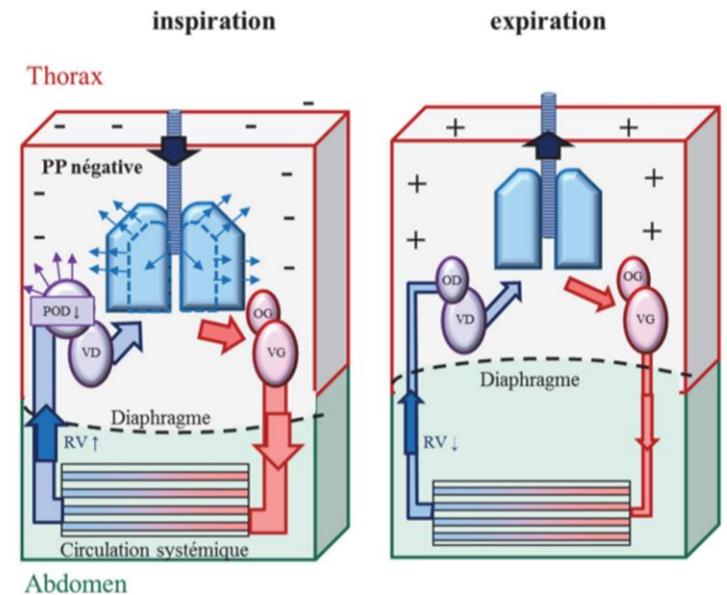
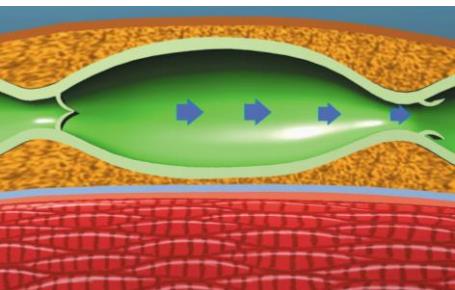


Ecoulement de la lymphe

- Motricité autonome des parois des vaisseaux :
 - Contraction
 - ↗ pression de la lymphe
 - Ouverture des valvules
 - Laisser passer la lymphe dans un seul sens vers le cœur
- Contraction coordonnée entre les lymphangions successifs



- Autres facteurs favorisant l'écoulement de la lymphe:
 - Inspiration :
 - ↑ pression intra-abdominale
 - ↓ pression intra-thoracique
 - Exercice musculaire :
 - Contraction musculaire

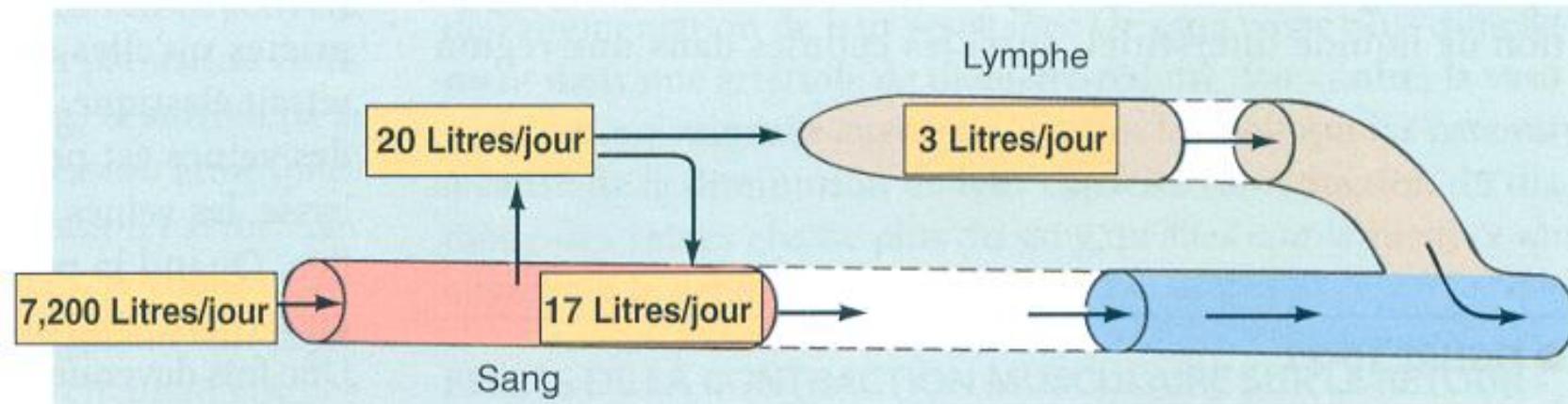


La pression

- Faible :
 - Au début : qlq mmHg
 - Lymphangions : 20 mmHg
- Variations périodiques :
 - En rapport avec la contraction propre des parois des collecteurs

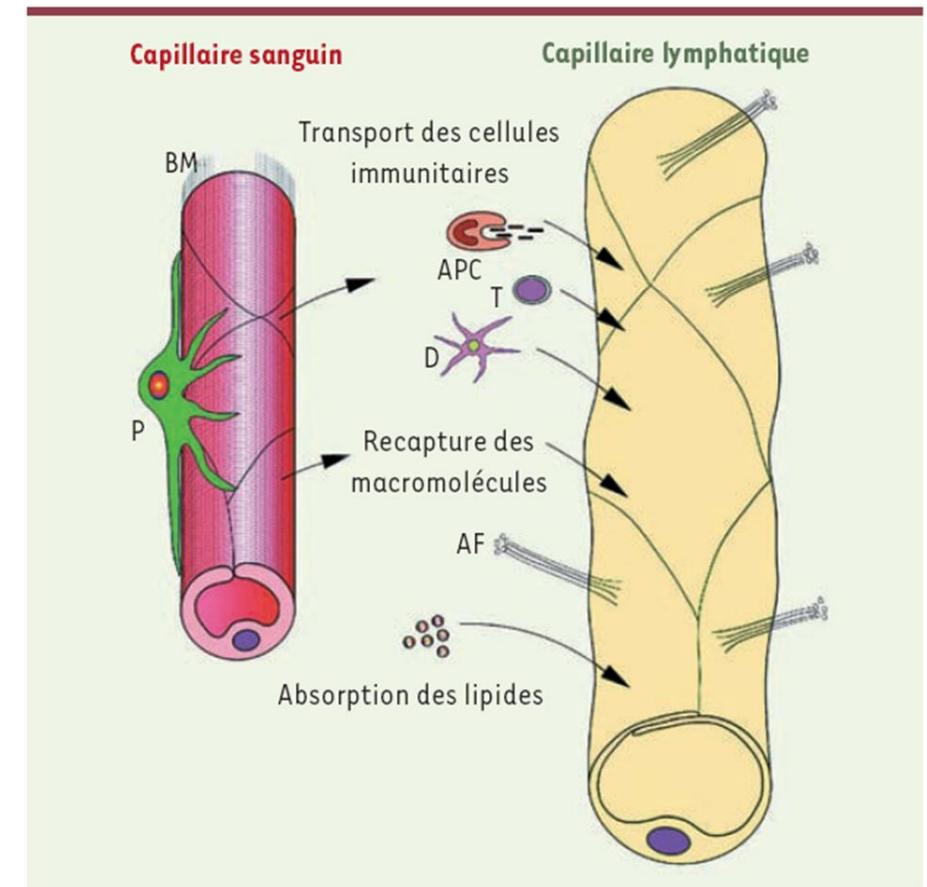
Le débit

- Très faible : 2-4 litres/j
- Augmente :
 - Exercice musculaire
 - Conditions pathologiques



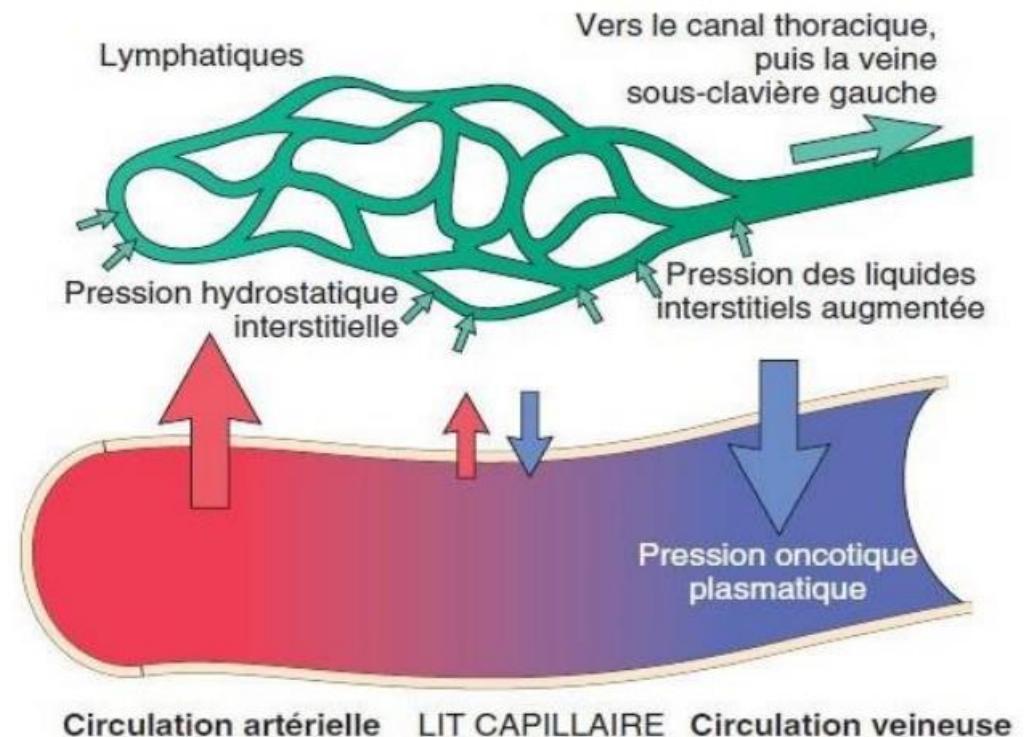
RÔLE DE LA CIRCULATION LYMPHATIQUE

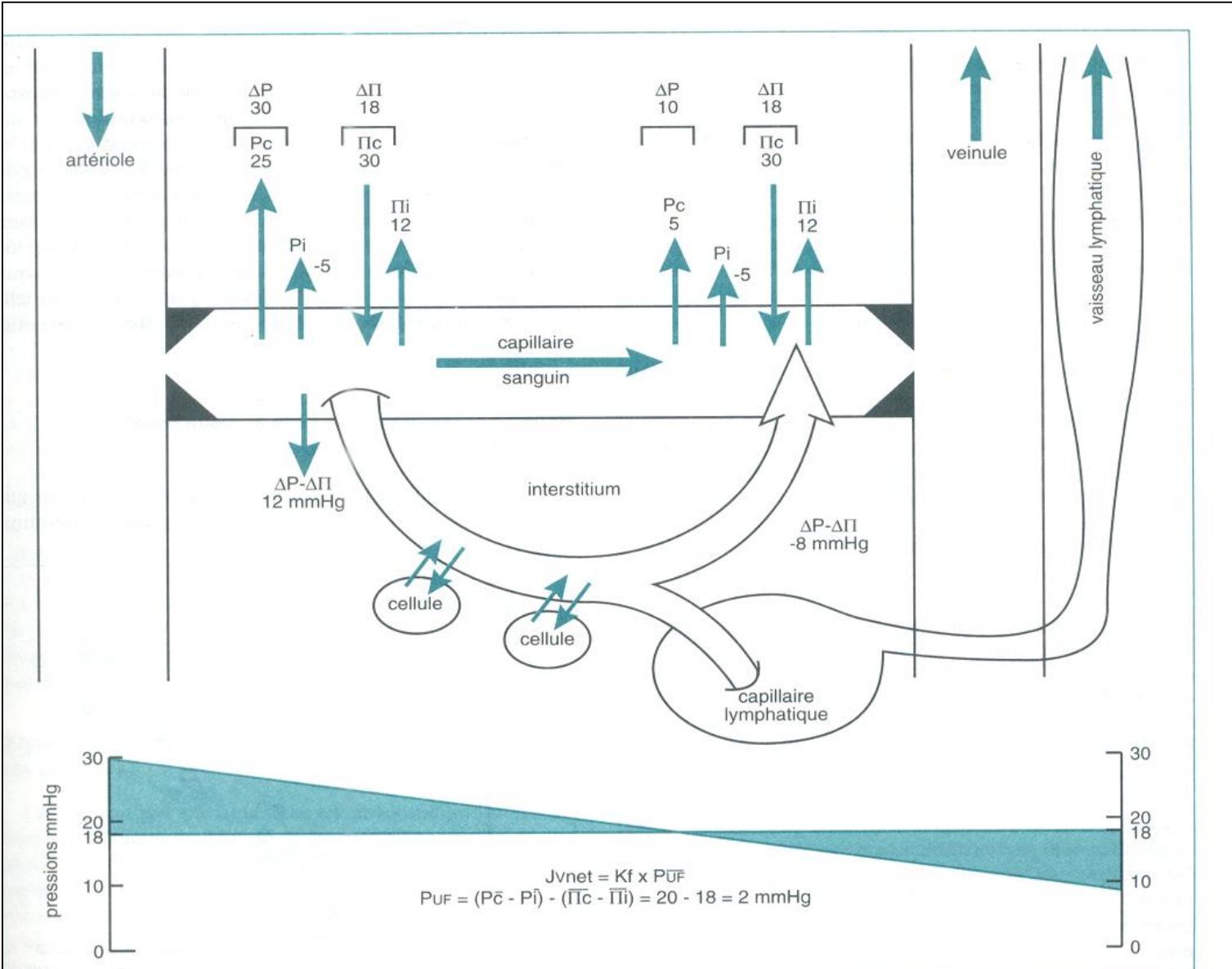
- Récupération des protéines
- Récupération des éléments figurés



Récupération des protéines

- Récupération dans l'interstitium des grosses protéines qui ont pu sortir hors des capillaires sanguins
- → Contrôle la pression oncotique du milieu interstitiel
- → contrôle l'état d'hydratation du milieu interstitiel





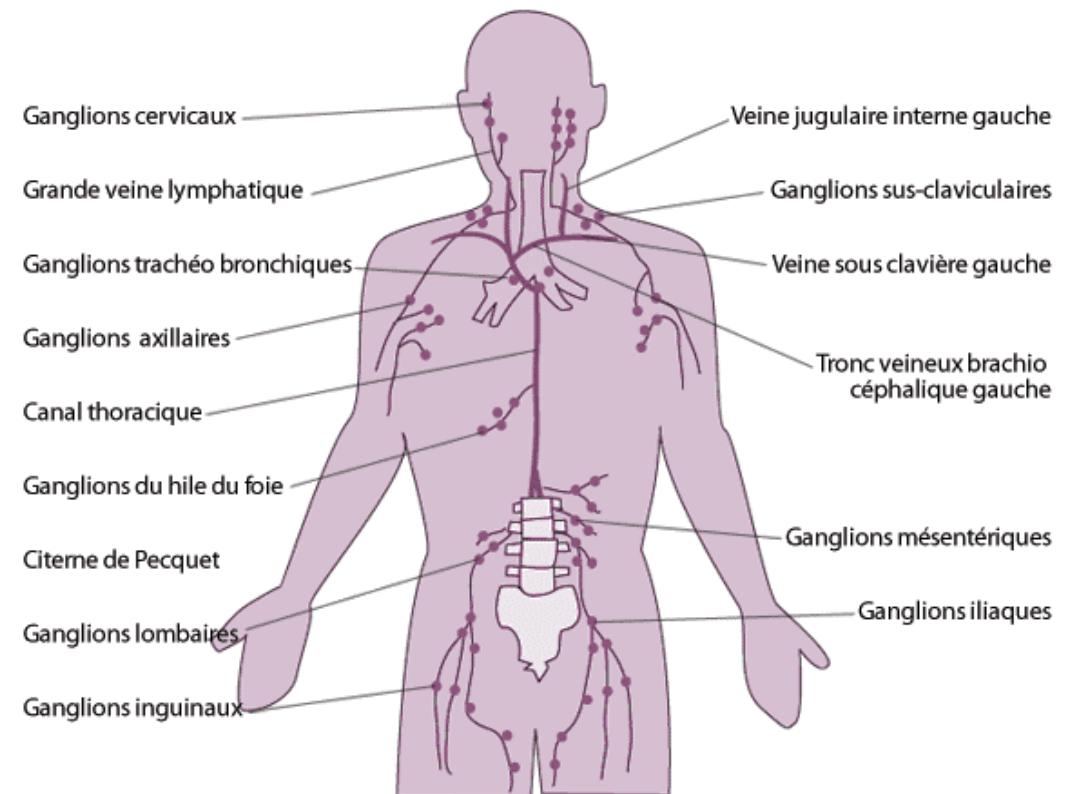
Mouvements d'eau et de solutés à travers l'endothélium capillaire et leurs déterminants. P_c : pression hydrostatique capillaire ; P_i : pression interstitielle ; Π_c : pression oncotique capillaire ; Π_i : pression oncotique interstitielle.

Sang	Lymphe	Rôle du sang et de la lymphe
Eau	Eau	Transport de l'eau
Substances nutritives et vitales (protides, lipides, glucides, sels minéraux et vitamines hydrosolubles)	Substances nutritives et vitales (protides, lipides et vitamines liposolubles)	Transport des substances nutritives aux cellules
Hématies	Aucune	Transport des hématies par le sang uniquement
Leucocytes	Lymphocytes et macrophages	Transport des globules blancs (défense immunitaire)
Anticorps	Anticorps	Transport des anticorps (défense immunitaire)
Fibrinogène	Fibrinogène	Coagulation plasmatique

Récupération des éléments figurés

76

- En pathologie :
 - Globules, cellules, microbes
 - Frein de propagation :
 - Exp :microbes
 - Facteur favorisant de dissémination :
 - Exp : cellules cancéreuses



Merci

