

# Physiologie cardiovasculaire

1<sup>ère</sup> année de médecine



Prof. Philippe Bijlenga, Prof. Haran Burri,  
Prof. Christophe Montessuit

Département de Pathologie et Immunologie  
Département de Neurosciences Cliniques  
Département de Médecine Interne des Spécialités

# Lecture

---

COURS + DIAPOSITIVES

PHYSIOLOGIE Système cardiovasculaire  
Texte écrit par les Profs Baertschi,  
De Sousa, Kwak et Montessuit (Edition 2020)

Chapitres 1-4 et 6-8: en entier

Chapitre 5: uniquement partie marquée en bleue

---

# **Vue d'ensemble du système cardiovasculaire**

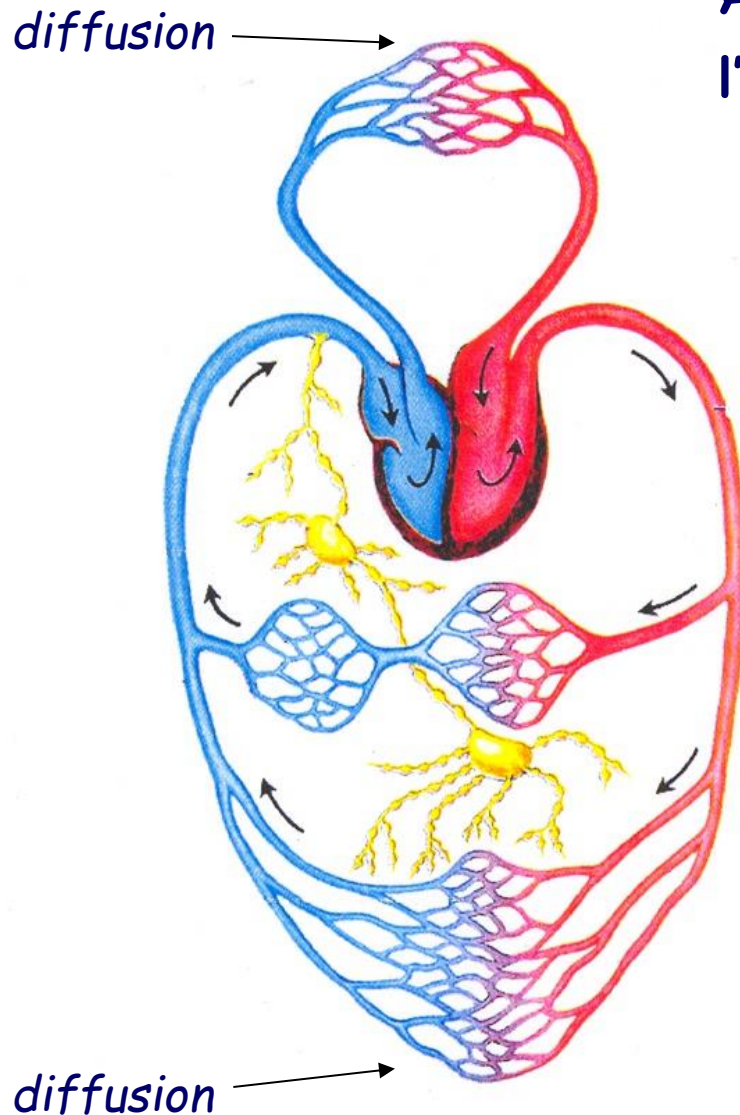
---

# Objectifs du cours

---

- Comprendre quel sont les éléments du système
- Comprendre ce qui détermine:
  - Le débit cardiaque
  - Le débit de perfusion
  - La relation entre débit, pression et résistance
  - La résistance périphérique totale
  - La résistance locale ou d'organe
  - La relation débit et vitesse
  - La capacité à adapter le débit aux besoins rapidement
- Comprendre les besoins spécifiques de certains organes

# Systeme cardiovasculaire et lymphatique



Assure les échanges pour maintenir l'homéostasie physico-chimique du corps

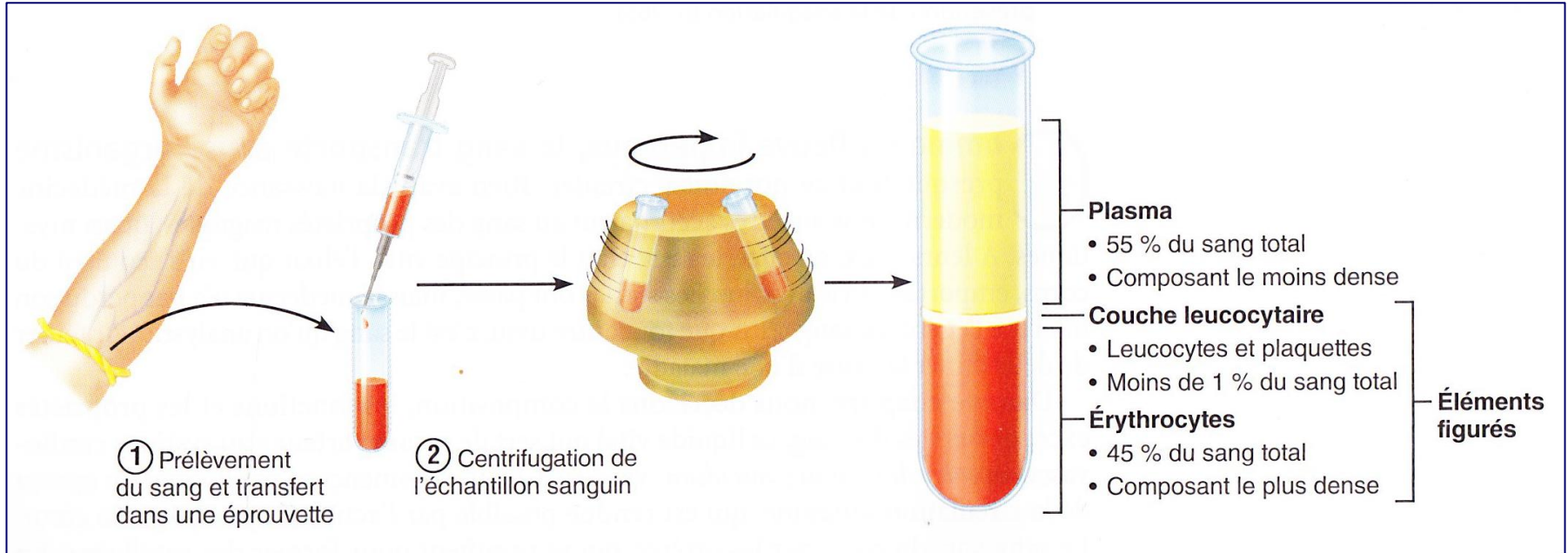
Trois principaux organes:

1. le sang
2. le coeur
3. les vaisseaux

Trois compartiments:

1. La circulation systémique
2. La circulation pulmonaire
3. Le réseau lymphatique

# Le sang



**Hématocrite** = pourcentage de volume de sang occupé par les érythrocytes

45% chez l'homme  
42% chez la femme





# Composition du plasma

TABLEAU 12-10 Tableau de référence des constituants du plasma		
CONSTITUANT	QUANTITÉ/CONCENTRATION	PRINCIPALES FONCTIONS
<b>Eau</b>	93 % du poids plasmatique	Milieu de transport de tous les autres constituants
<b>Électrolytes (inorganiques)</b>	Total < 1 % du poids plasmatique	Conservent l'eau dans le compartiment extracellulaire; action tampon; interviennent dans l'excitabilité membranaire et la coagulation
Na <sup>+</sup>	145 mM	
K <sup>+</sup>	4 mM	
Ca <sup>2+</sup>	2,5 mM	
Mg <sup>2+</sup>	1,5 mM	
H <sup>+</sup>	0,0004 mM	
Cl <sup>-</sup>	103 mM	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24 mM	
Phosphates (essentiellement HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	1 mM	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 mM	
<b>Protéines</b>	Total = 7 % du poids plasmatique, 7,3 g/100 mL (2,5 mM)	Constituent les solutés non pénétrants du plasma; action tampon; fixent et transportent d'autres constituants du plasma (lipides, hormones, vitamines, métaux, etc.); facteurs de la coagulation; enzymes, précurseurs enzymatiques; anticorps (immunoglobulines); hormones Coagulation sanguine
Albumines	4,2 g/100 mL	
Globulines	2,8 g/100 mL	
Fibrinogène	0,3 g/100 mL	
<b>Gaz</b>		
CO <sub>2</sub>	2 mL/100 mL (1 mM)	Métabolisme oxydatif
O <sub>2</sub>	0,2 mL/100 mL (0,1 mM)	Pas de fonction
N <sub>2</sub>	0,9 mL/100 mL (0,5 mM)	
<b>Nutriments</b>		(Voir Chapitres 2, 3 et 16)
Glucose et autres hydrates de carbone	100 mg/100 mL (5,6 mM)	
Acides aminés totaux	40 mg/100 mL (2 mM)	
Lipides totaux	500 mg/100 mL (7,5 mM)	
Cholestérol	150-250 mg/100 mL (4-7 mM)	
Vitamines individuelles	0,0001-2,5 mg/100 mL (0,00005-0,1 mM)	
Éléments traces individuels	0,001-0,3 mg/100 mL (0,0001-0,01 mM)	
<b>Dérivés du métabolisme</b>		
Uree (issue des protéines)	34 mg/100 mL (5,7 mM)	
Créatinine (issue de la créatine)	1 mg/100 mL (0,09 mM)	
Acide urique (issu des acides nucléiques)	5 mg/100 mL (0,3 mM)	
Bilirubine (issue de l'hème)	0,2-1,2 mg/100 mL (0,003-0,018 mM)	
<b>Hormones individuelles</b>	0,000001-0,05 mg/100 mL (10 <sup>-12</sup> -10 <sup>-7</sup> M)	Messagers dans les systèmes de contrôle

# Le sang

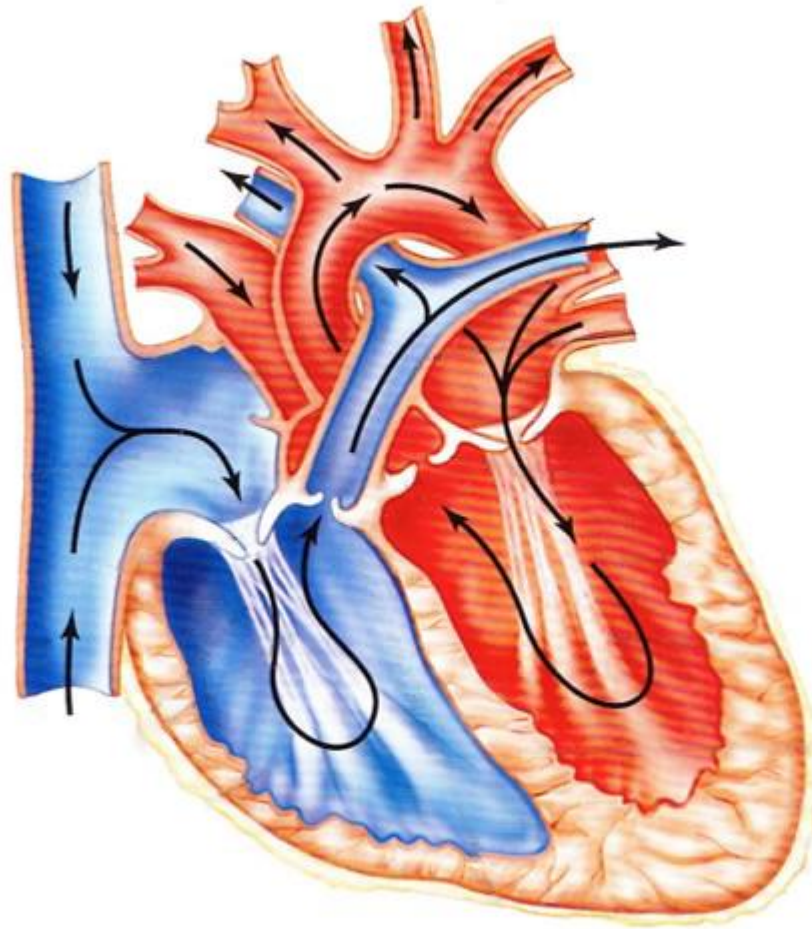
---

Liquide complexe qui sert:

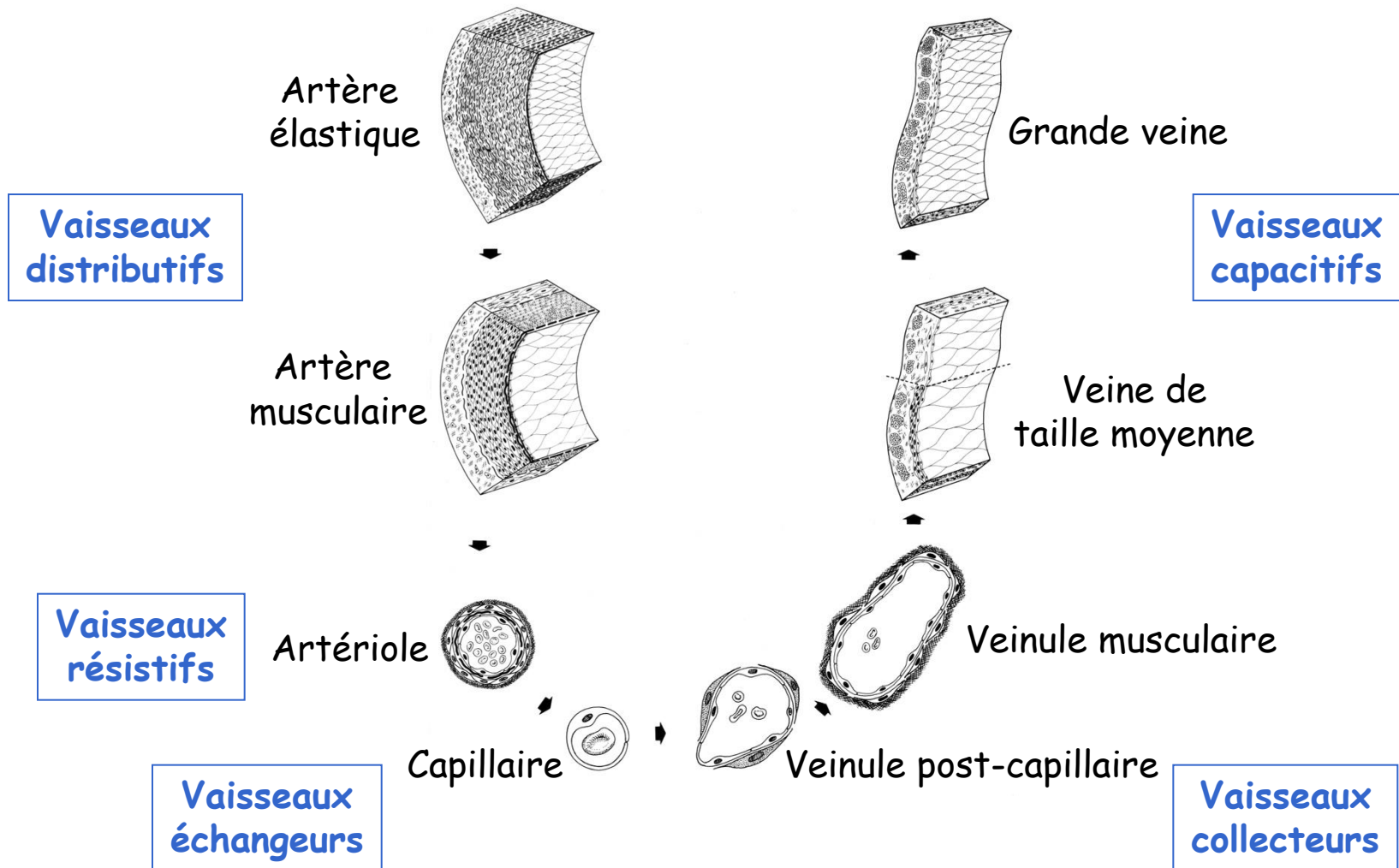
- de milieu de suspension des **cellules**
  - globules rouges, globules blancs, plaquettes
- au transport des
  - **Substances métaboliques**
    - nutriments, catabolites
  - **Substances de la communication intercellulaire**
    - hormones
  - **Substances de la défense immunitaire**
    - anticorps
  - **Substances de la coagulation**
- redistribution de la **chaleur**
- transmission d'énergie **mécanique aux fluides couplés**

# Le coeur - deux pompes à deux temps

---

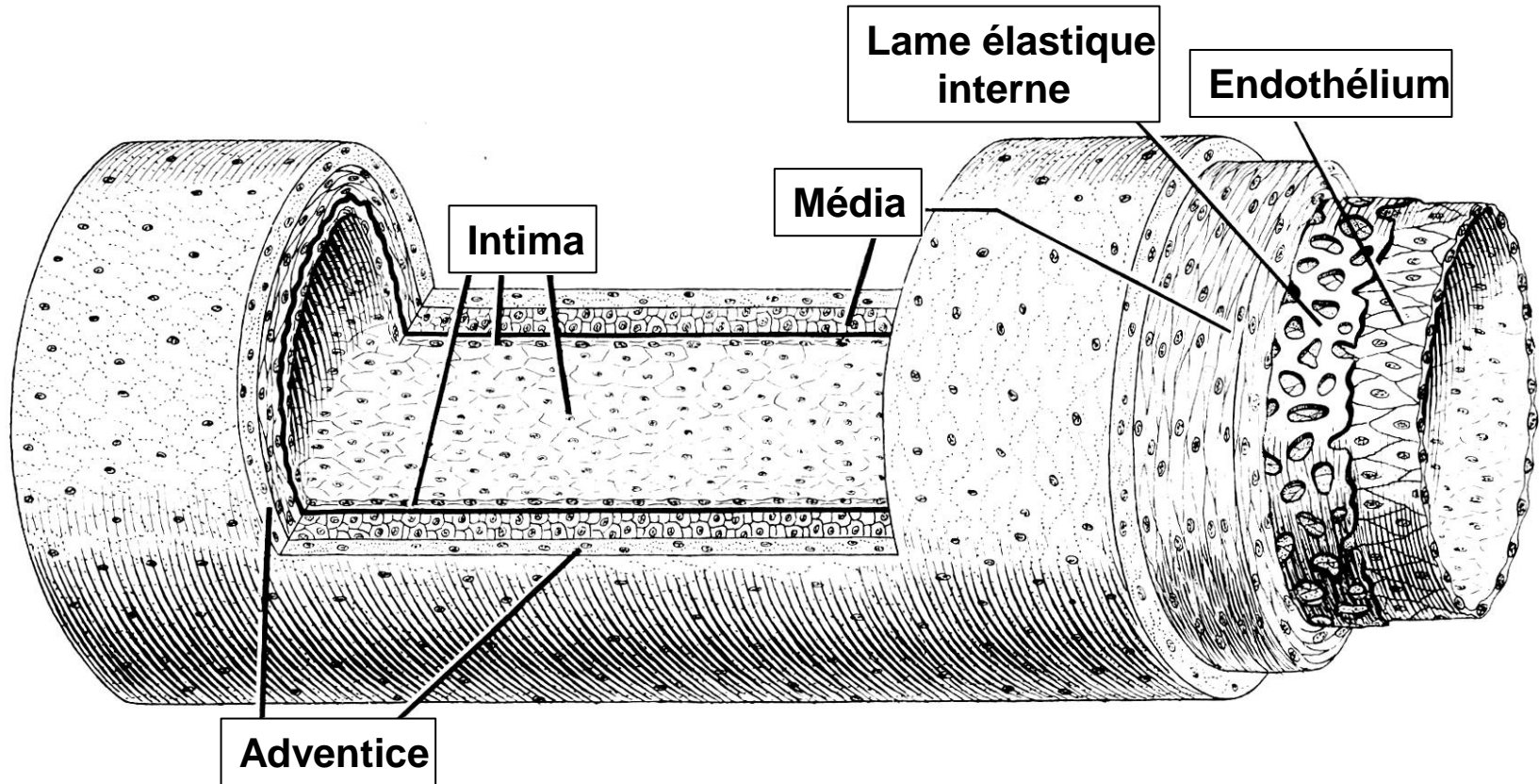


# Les vaisseaux sanguins - 5 groupes fonctionnels



# Structure fondamentale des vaisseaux sanguins

---



# Structure fondamentale des vaisseaux sanguins

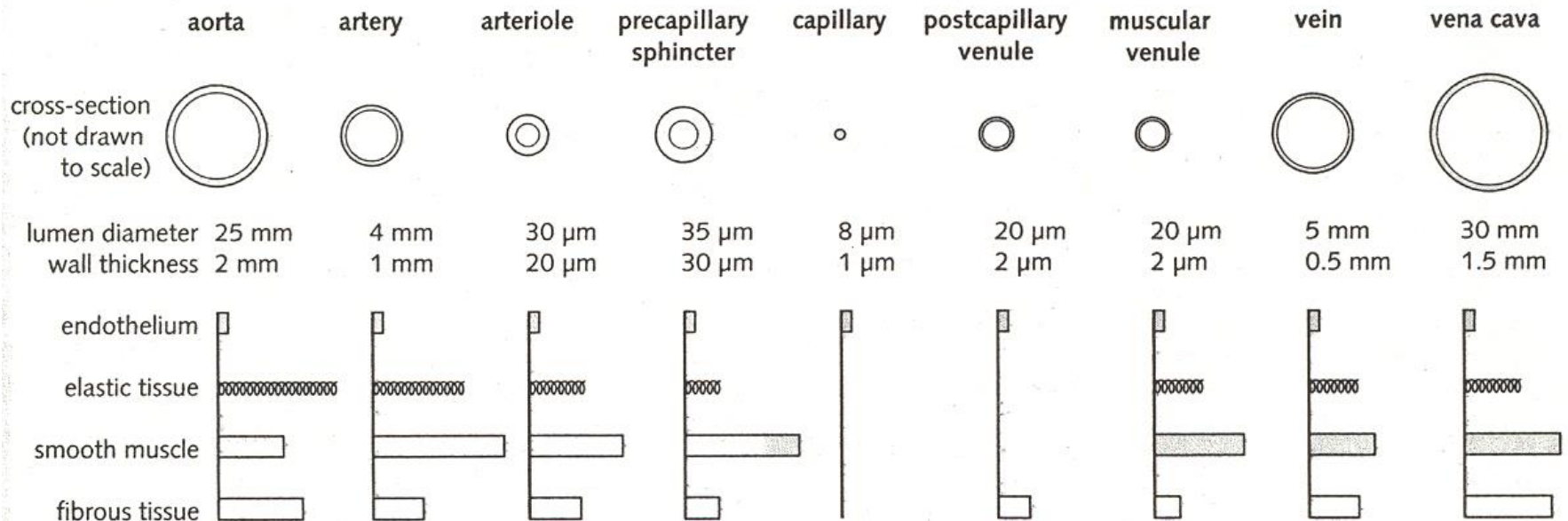
Vaisseaux distributeurs

Vaisseaux résistifs

Vaisseaux échangeurs

Vaisseaux collecteurs

Vaisseaux capacitifs



# Principales fonctions des cellules endothéliales

---

- **Bordure physique** des vaisseaux sanguin et du cœur, sur lesquels les cellules sanguines n'adhèrent normalement pas
- **Sécrètent des substances** qui régulent l'agrégation plaquettaire et la coagulation
- **Contrôle la perméabilité** de la paroi aux échanges de nutriments, dérivés du métabolisme et liquide
- **Sécrétion des agents paracrines** qui agissent sur les CML (vasoconstricteurs, vasodilatateurs)
- **Maintien de la matrice extracellulaire** Contribuent à sa formation et à son entretien de les CML
- **Interviennent dans l'angiogenèse** (croissance de nouveau capillaires)

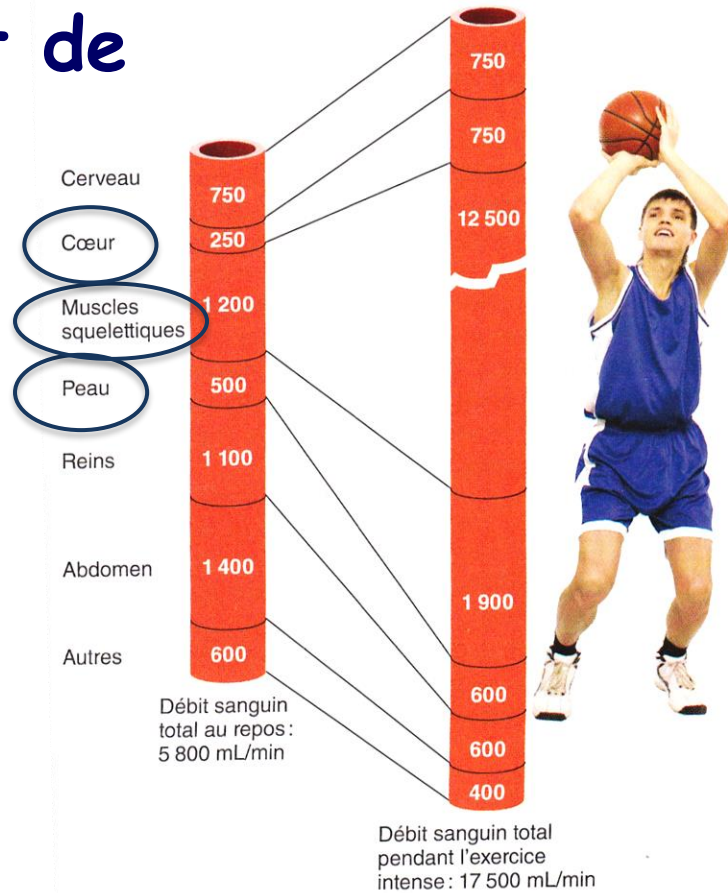
**Le débit cardiaque**

**Le débit de perfusion systémique**

**Le débit de perfusion d'organe**

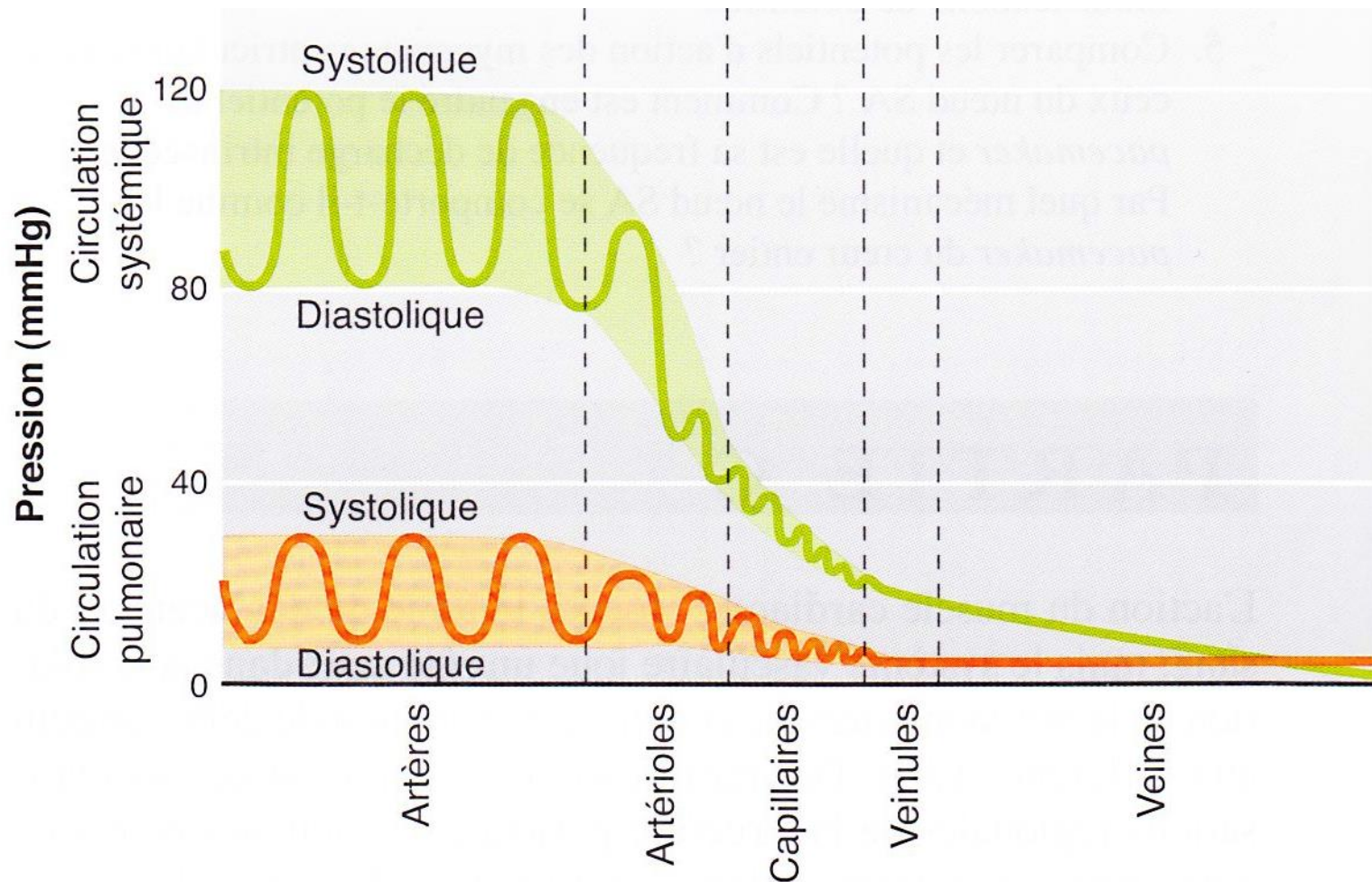
# Distribution du débit cardiaque au repos et lors de l'exercice

Maintenir un débit de perfusion cérébral constant

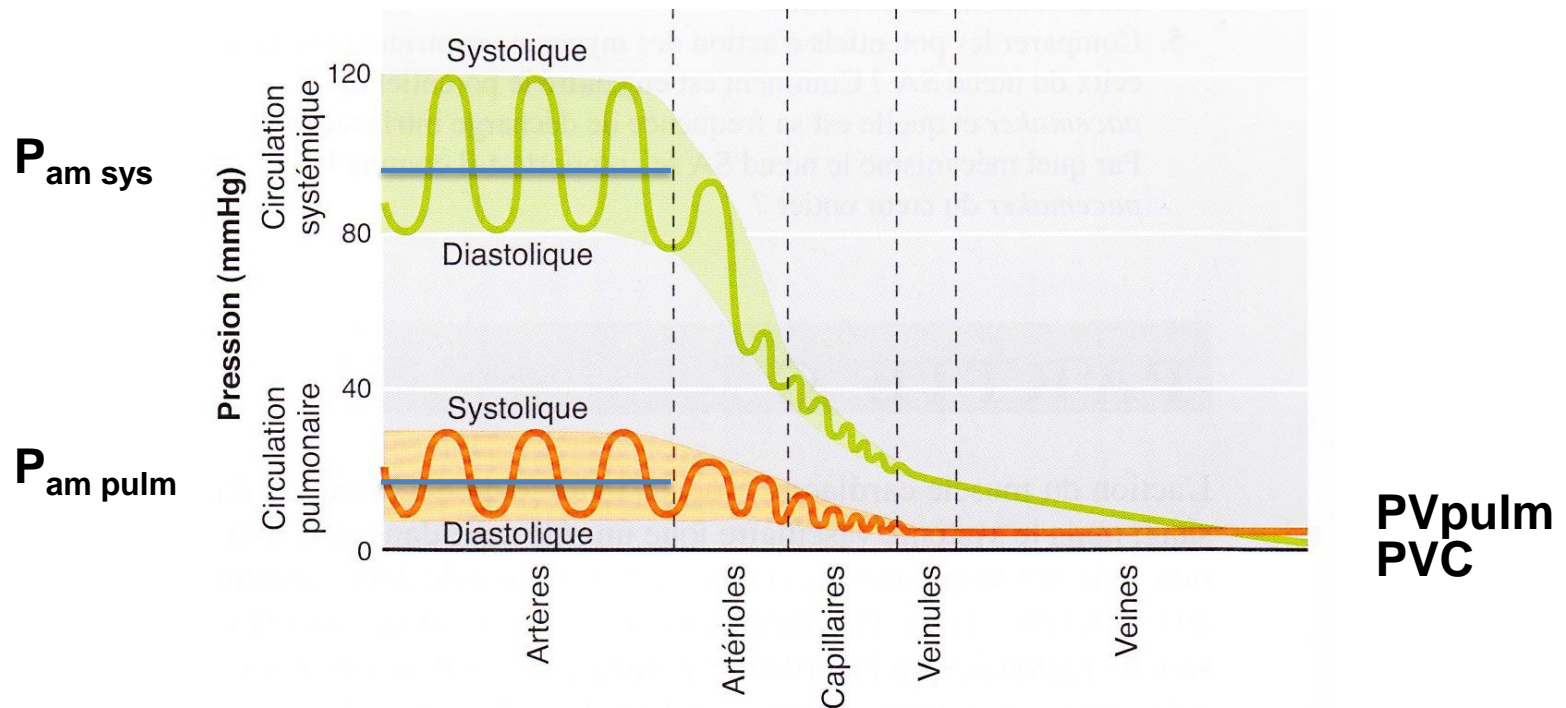


$\text{Débit cardiaque} = (\text{volume d'éjection ventr.}) \times (\text{fréquence card.})$

# Profil des pressions du système vasculaire



# Profil des pressions du système vasculaire

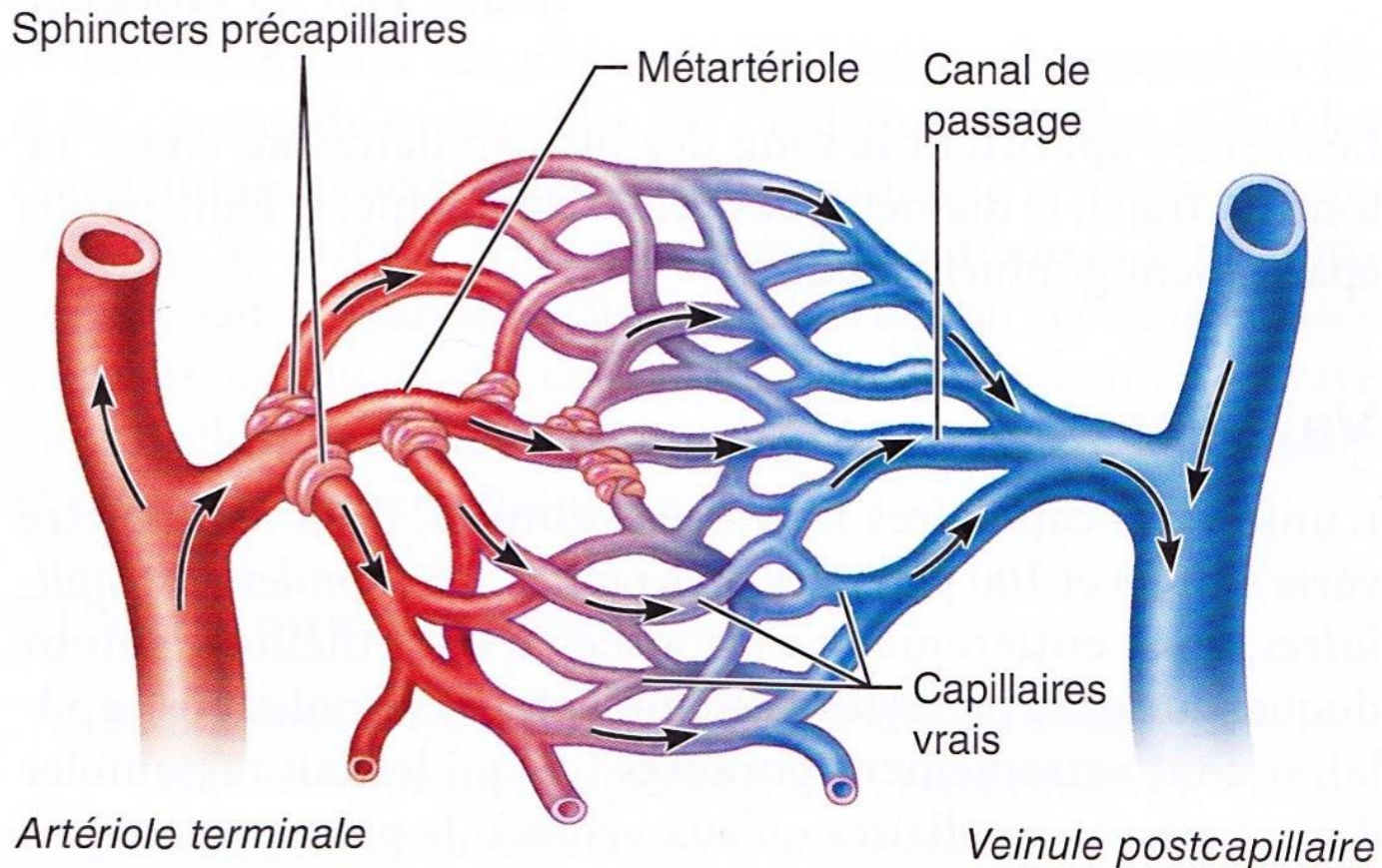


Débit perf ( $Q$ ) = différence de pression ( $\Delta P$ ) / résistance ( $R$ )

$P_{a-v}$  ( $\Delta P$ ) = (débit cardiaque)  $\times$  (résistance totale du système)

# Rôle de la media musculaire: Au niveau des vaisseaux de petit diamètre

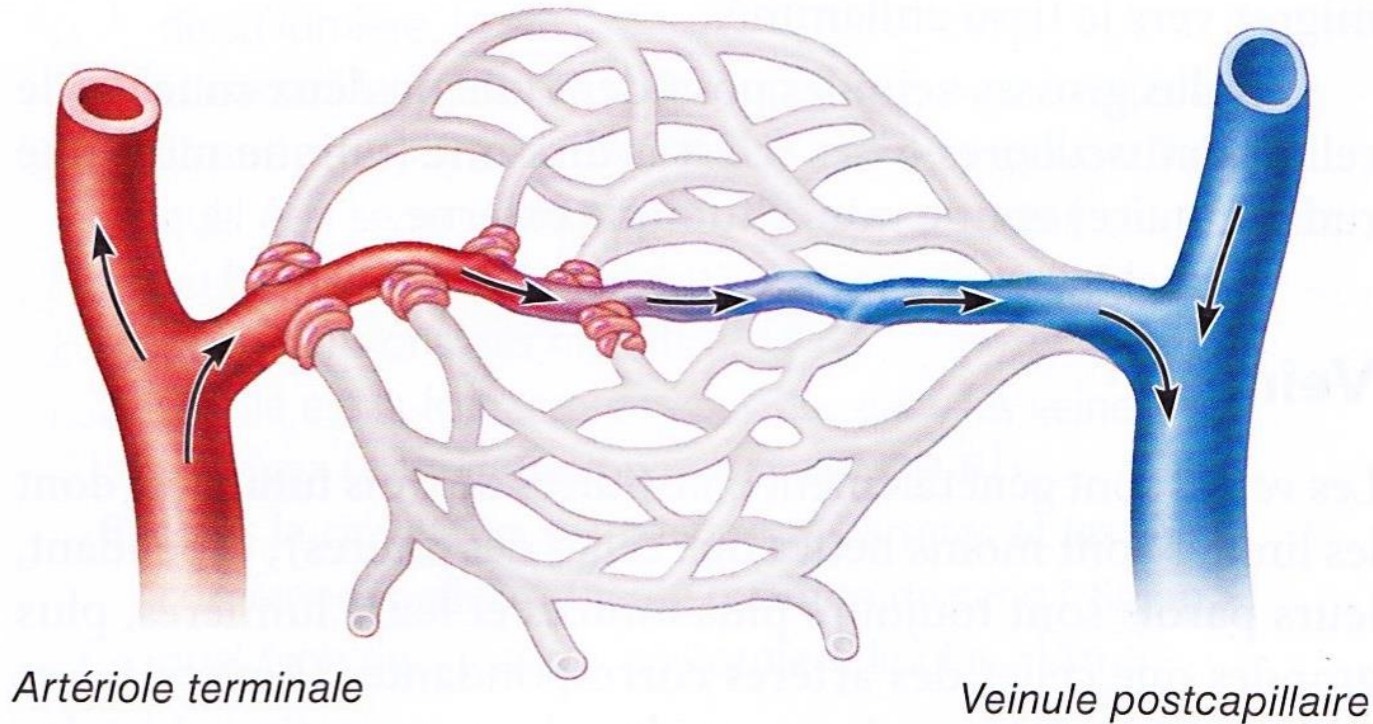
---



**Sphincters ouverts** - le sang passe à travers des capillaires vrais

# Rôle de la media musculaire: Au niveau des vaisseaux de petit diamètre

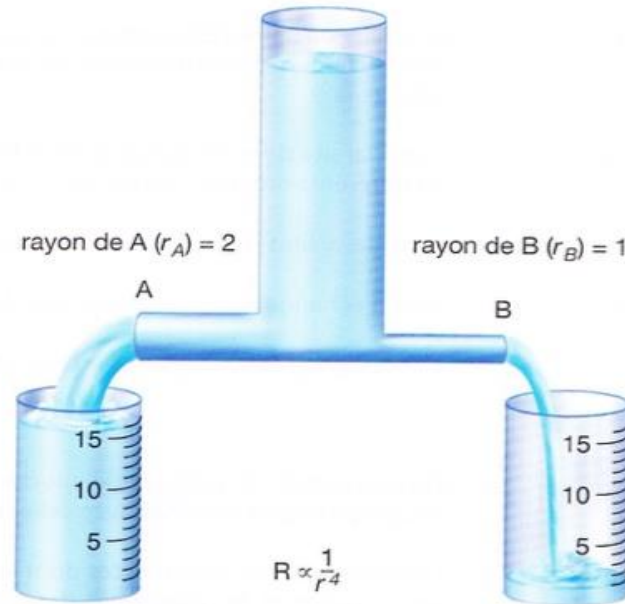
---



**Sphincters fermés** - la dérivation formée par la métartériole et le canal de passage permet au sang de contourner les capillaires vrais

# Hémodynamique et débit local

---



$$R_A \propto \frac{1}{(r_A)^4} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16} \quad R_B \propto \frac{1}{(r_B)^4} = \frac{1}{1^4} = \frac{1}{1} = 1$$

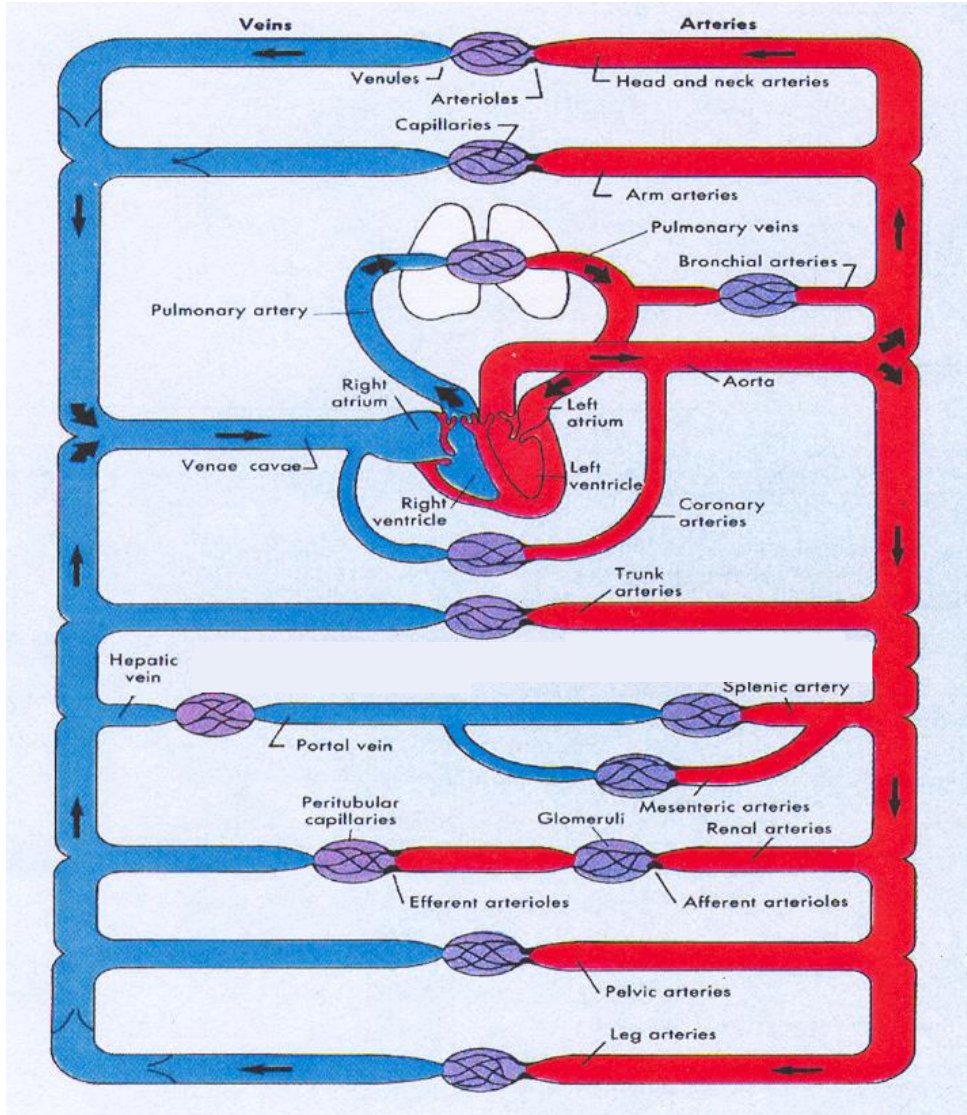
Puisque débit =  $\frac{\Delta P}{R}$  et  $R_B = 16 \times R_A$ ,

Débit dans B =  $\frac{1}{16}$  du débit dans A.

$$R = 8 L \eta / \pi r^4$$

Loi de Poiseuille

# Résistance périphérique totale = somme des résistances locales



**Système en série  
versus  
Système en parallèle**

$$R_{\text{sys}} = 1 / (1/R_{\text{bas du corps}} + 1/R_{\text{rein}} + 1/R_{\text{dig}} + 1/R_{\text{tronc}} + 1/R_{\text{coeur}} + 1/R_{\text{bras}} + 1/R_{\text{tête}})$$

$$R_{\text{dig}} = R_{\text{port}} + 1 / (1/R_{\text{splen}} + 1/R_{\text{mésent}})$$

**Résistances en série =>  $\Sigma R$**

$$R_{\text{rein}} = R_{\text{glomérule}} + R_{\text{peritubulaire}}$$

**Résistances en parallèle =>  $\Sigma C$**

**Conductance =  $1/R$**

$$C_{\text{bas du corps}} = C_{\text{pelvic}} + C_{\text{jambes}}$$

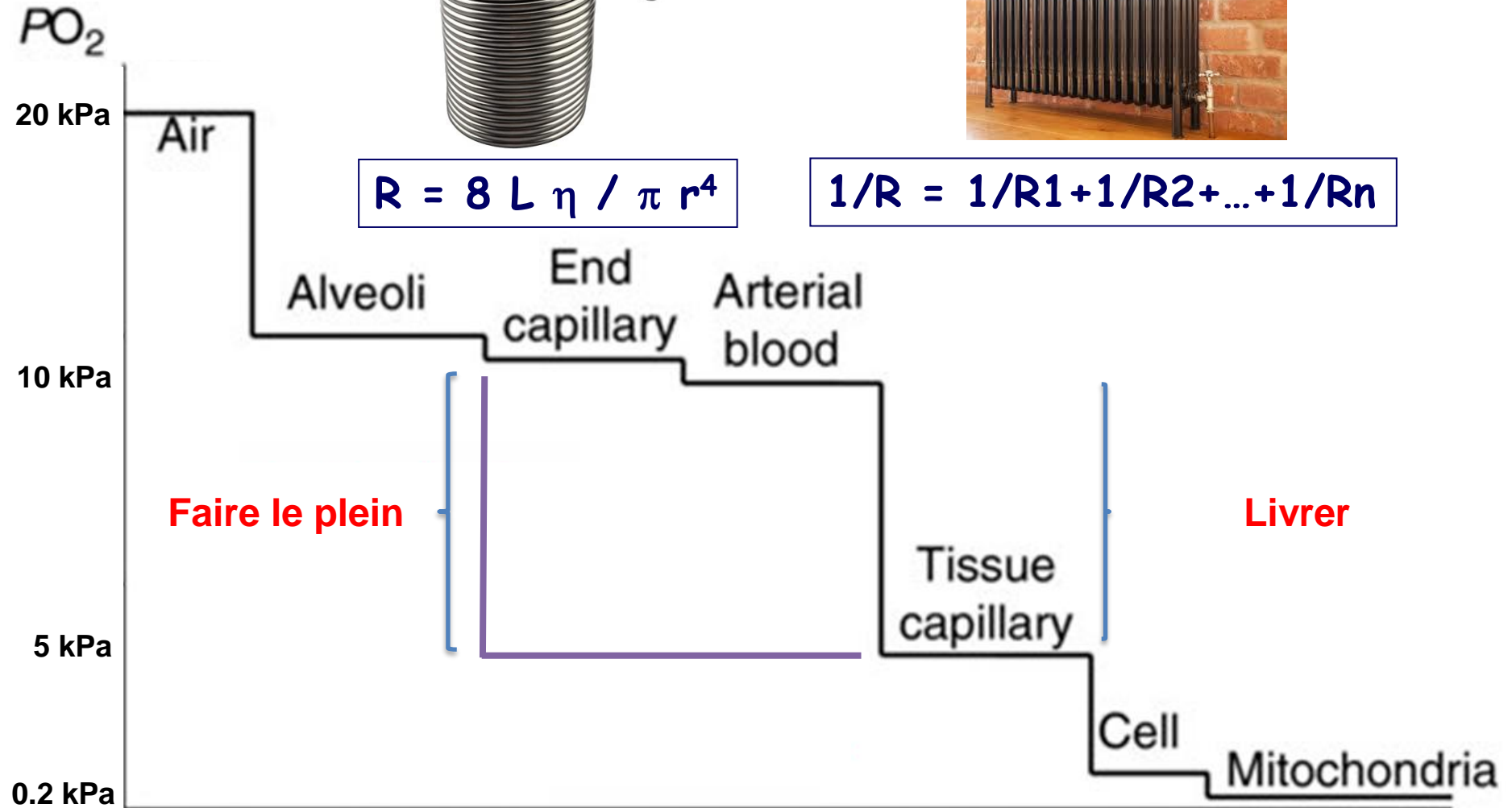
$$1/R_{\text{bas du corps}} = (1/R_{\text{pelvic}} + 1/R_{\text{jambes}})$$

# La diffusion des molécules prend du temps et à besoin d'une grande surface d'échange mais...

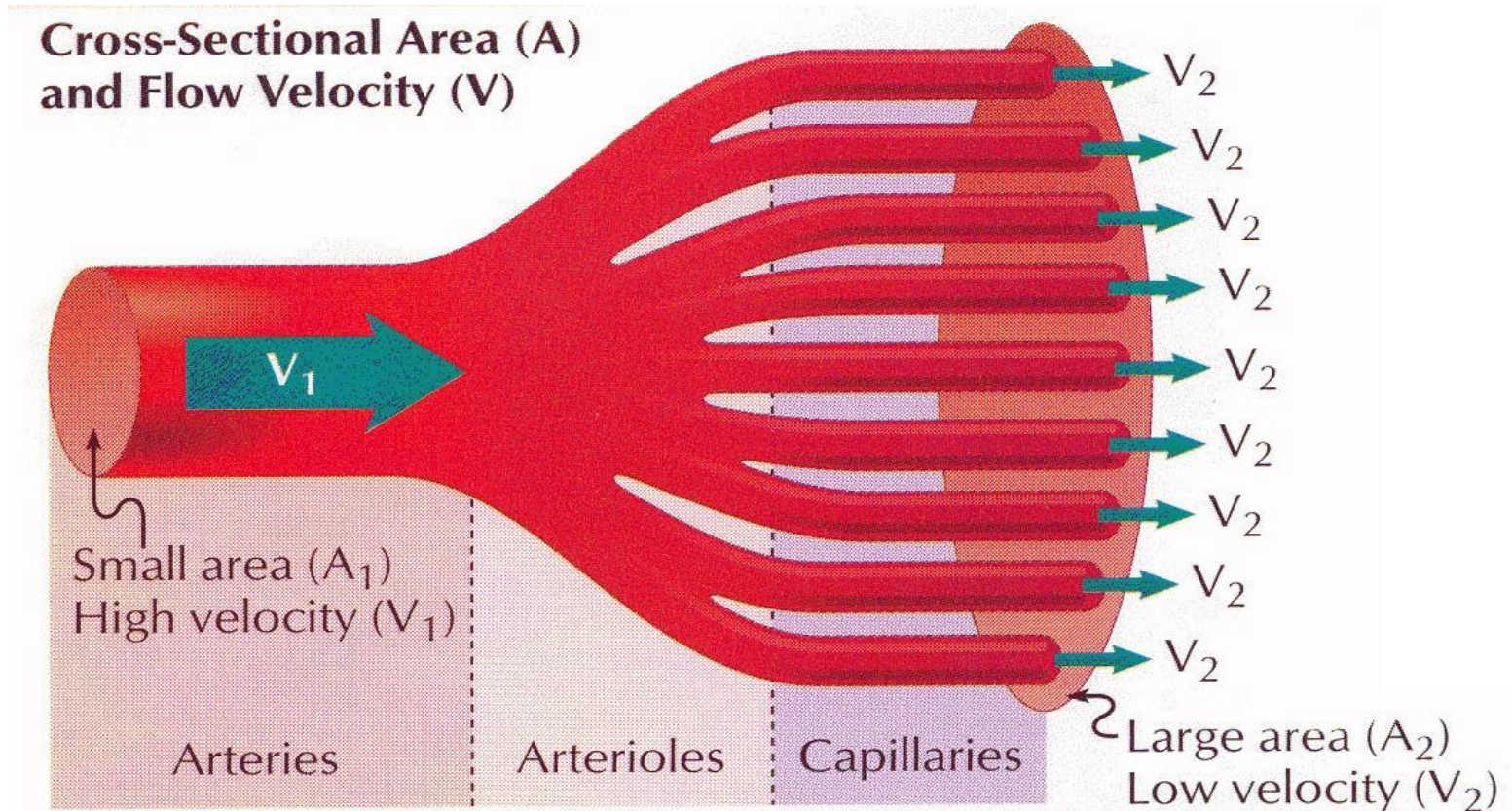


$$R = 8 L \eta / \pi r^4$$

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$

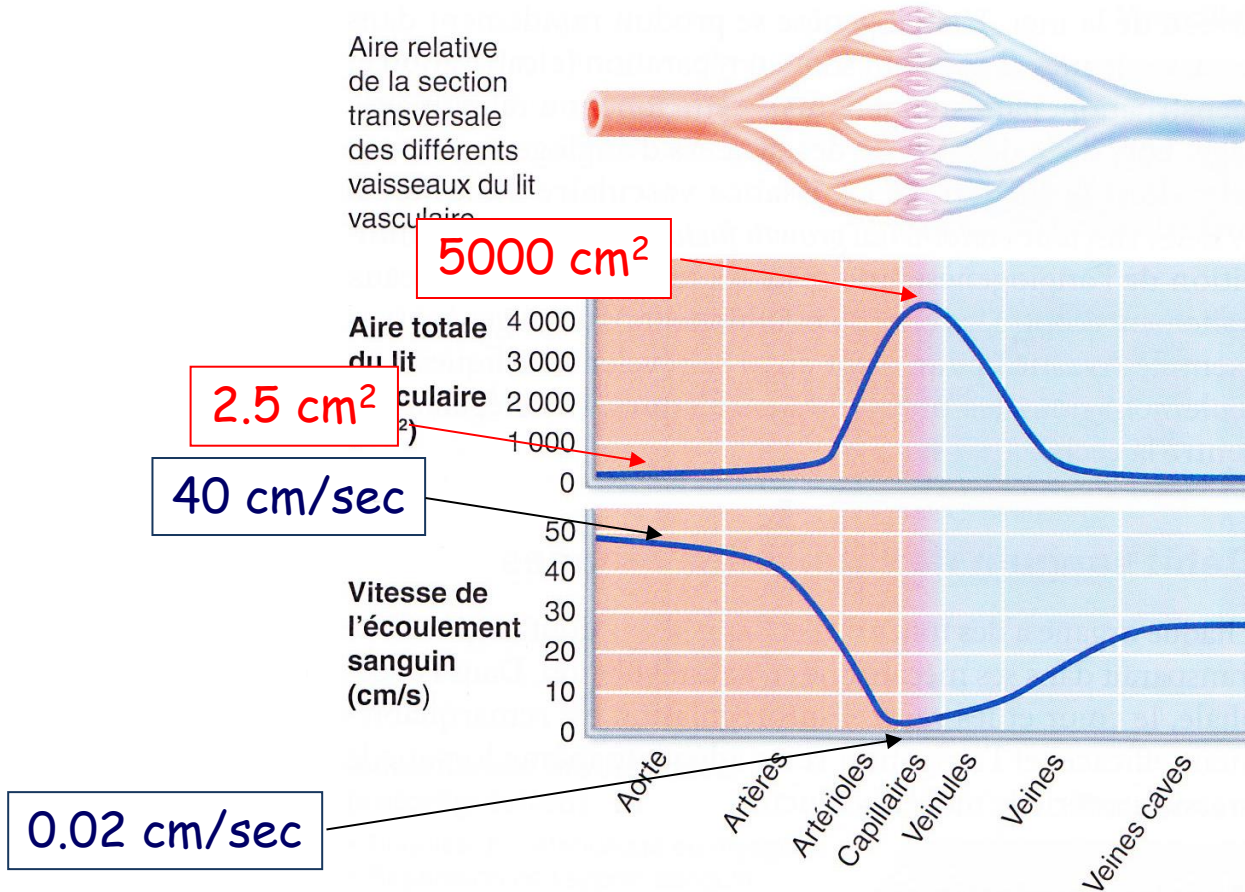


# La vitesse du sang



$$\text{Débit} = (\text{surface de section}) \times (\text{vitesse})$$

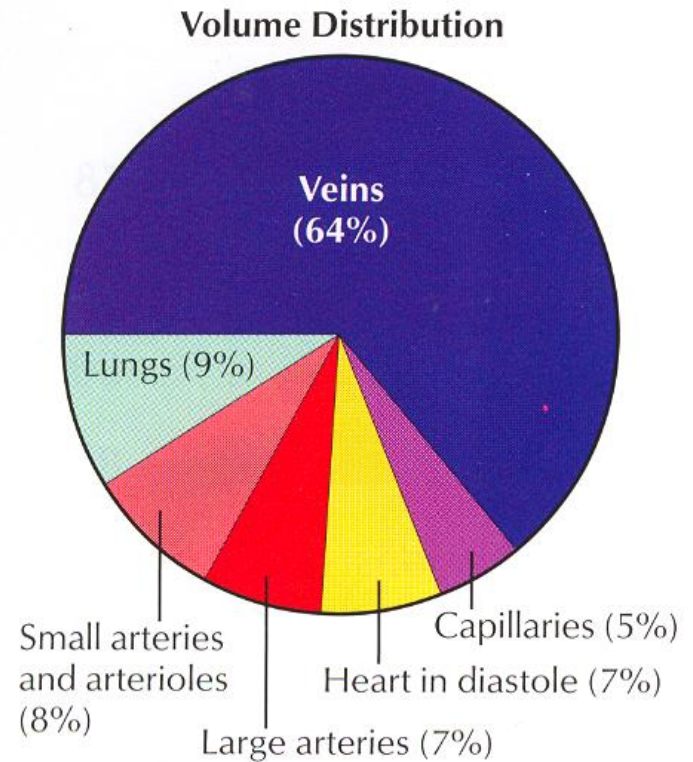
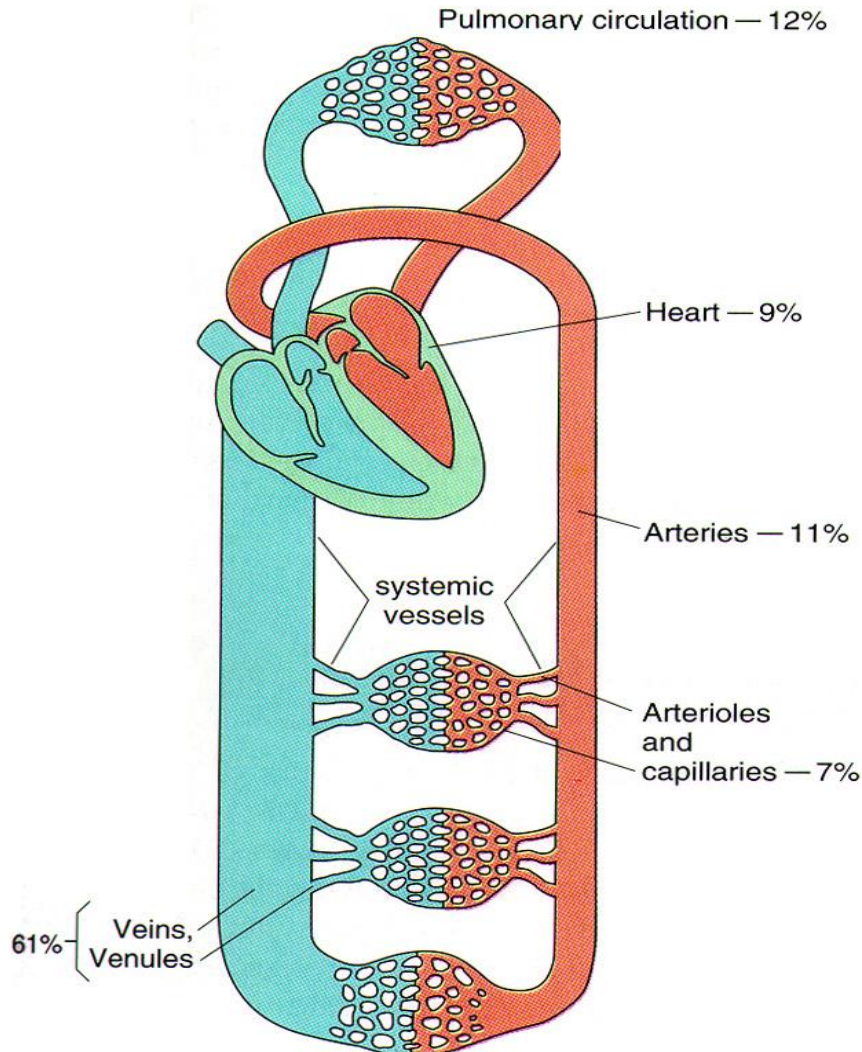
# La vitesse du sang



$$\text{Débit} = (\text{surface de section}) \times (\text{vitesse})$$

cm<sup>3</sup>/sec                      cm<sup>2</sup>                      cm/sec

# Pour permettre de varier le débit rapidement il faut un réservoir



# Fraction du débit cardiaque les différent organes reçoivent

	Rest (ml/min)	Masse	Perf/masse		
Brain	750(13%)	2%	50	→ Sensible à l'ischémie	
Heart	250(4%)	0.4%	83		
Muscle	1200(20%)	40%	8	} Organe à débit variable	
Skin	500(9%)	3%	22		→ Thermorégulation
Kidney	1100(20%)	0.4%	366		→ Épuration du sang
Abdominal organs	1400(24%)	6%	31		
Other	600(10%)	48%	1.7		
<b>Total</b>	<b>5800</b>		<b>7,7 ml/min/100gr</b>		

→ Organe à débit constant (Brain)  
 → Sensible à l'ischémie (Heart)  
 } Organe à débit variable (Muscle, Skin, Kidney, Abdominal organs, Other)

# Redistribution du sang dans l'arbre vasculaire

---

## Principes de base:

- Le débit cérébral est maintenu constant
- Le débit cardiaque détermine la perfusion systémique

$$\text{Débit cardiaque} = (\text{volume d'éjection ventr.}) \times (\text{fréquence card.})$$

- La pression de perfusion moyenne ou systémique est déterminée par le débit et la résistance périphérique

$$\text{PAM} = \text{Débit cardiaque} \times \text{Résistance périphérique}$$

- La pression et les résistances locales ajustent le débit aux besoins locaux

$$\text{Débit}_{\text{organe}} = \text{Pression de perfusion} / \text{résistance de l'organe}$$

- Les échanges dépendent de la densité capillaire où la vitesse de transit du sang doit rester faible

$$\text{Débit} = (\text{surface de section}) \times (\text{vitesse})$$

$\text{cm}^3/\text{sec}$                        $\text{cm}^2$                        $\text{cm}/\text{sec}$