

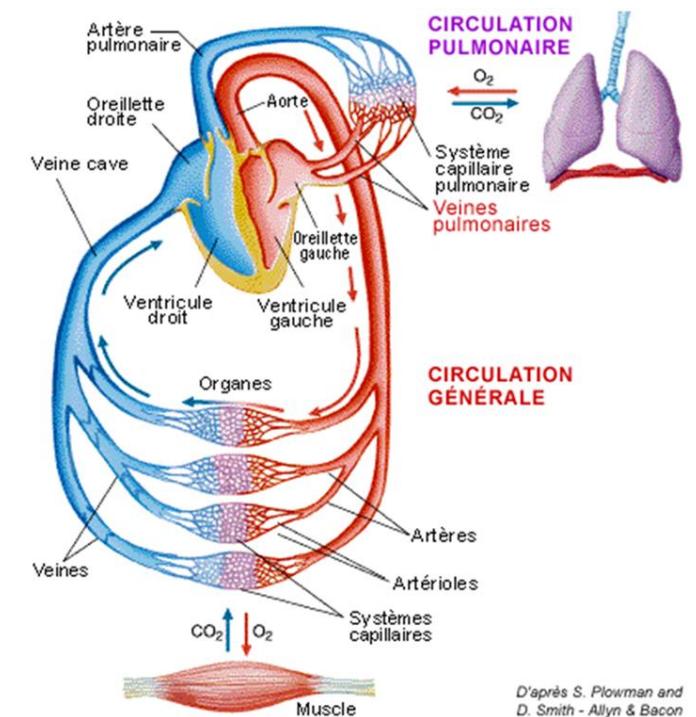
DEUXIÈME PARTIE

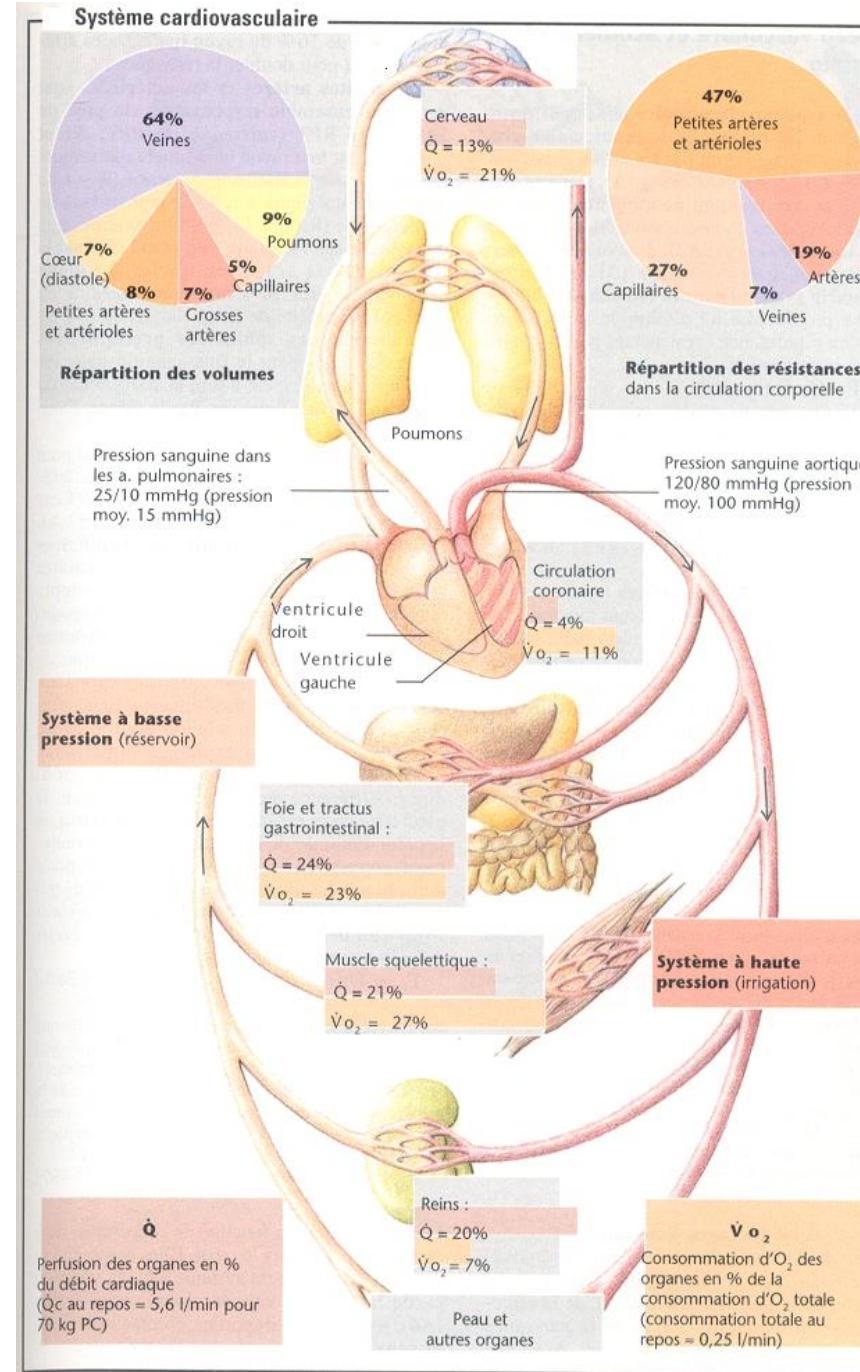
LA CIRCULATION SANGUINE

UEF 106

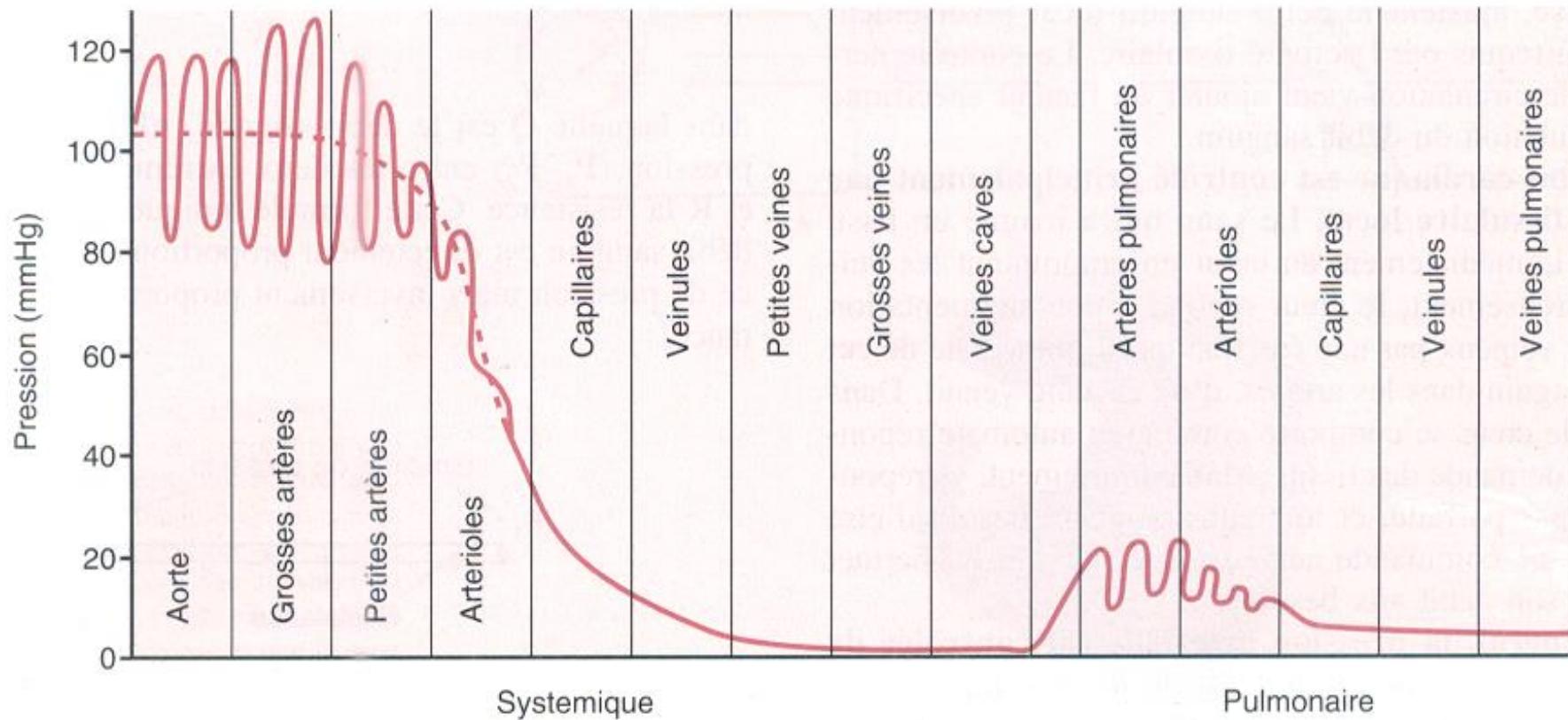
Pr Kaouthar Masmoudi

2025- 2026





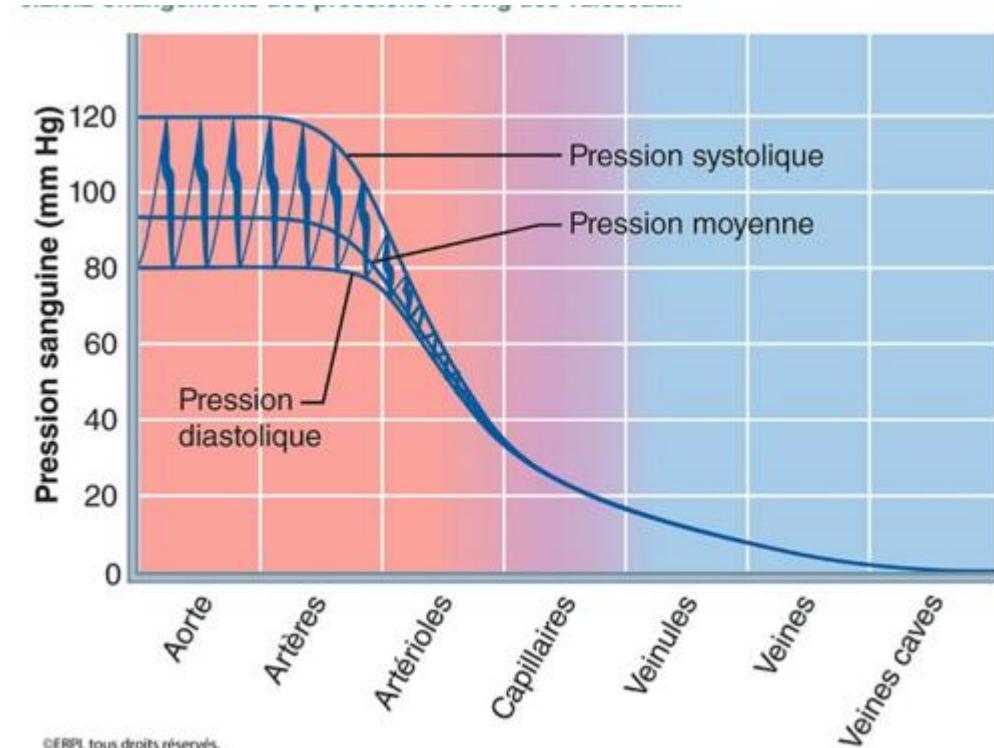
Pression sanguine



Pressions sanguines dans les différentes parties du système circulatoire.

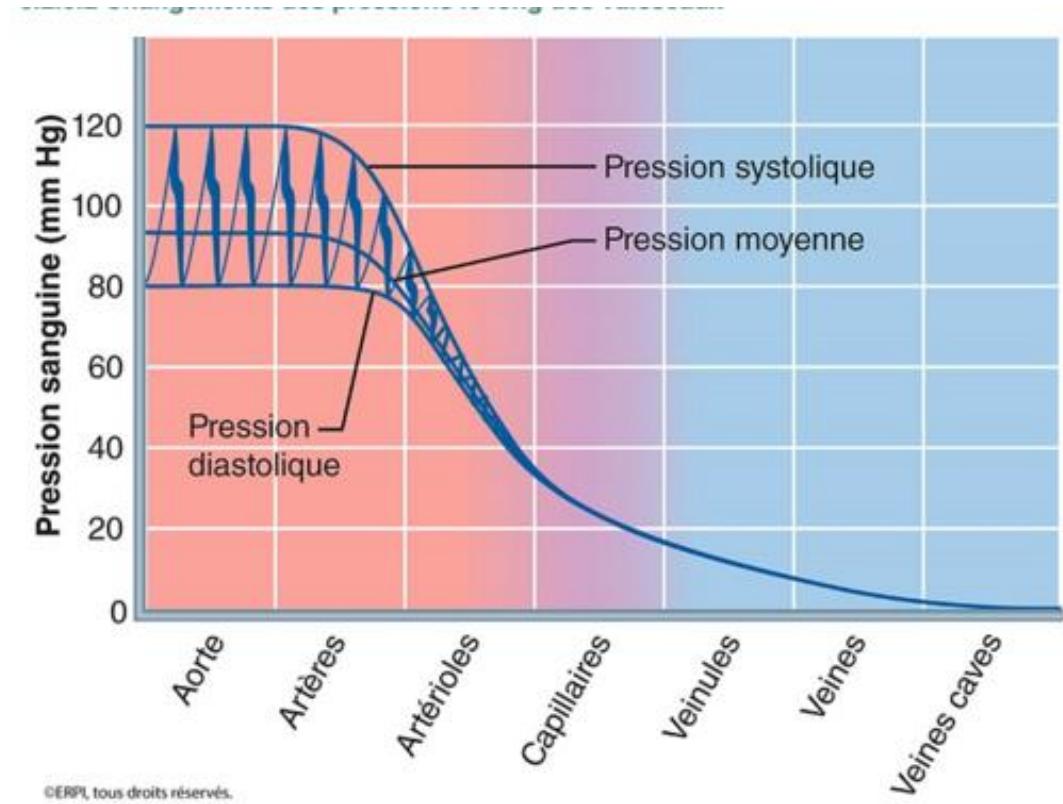
Système à haute pression

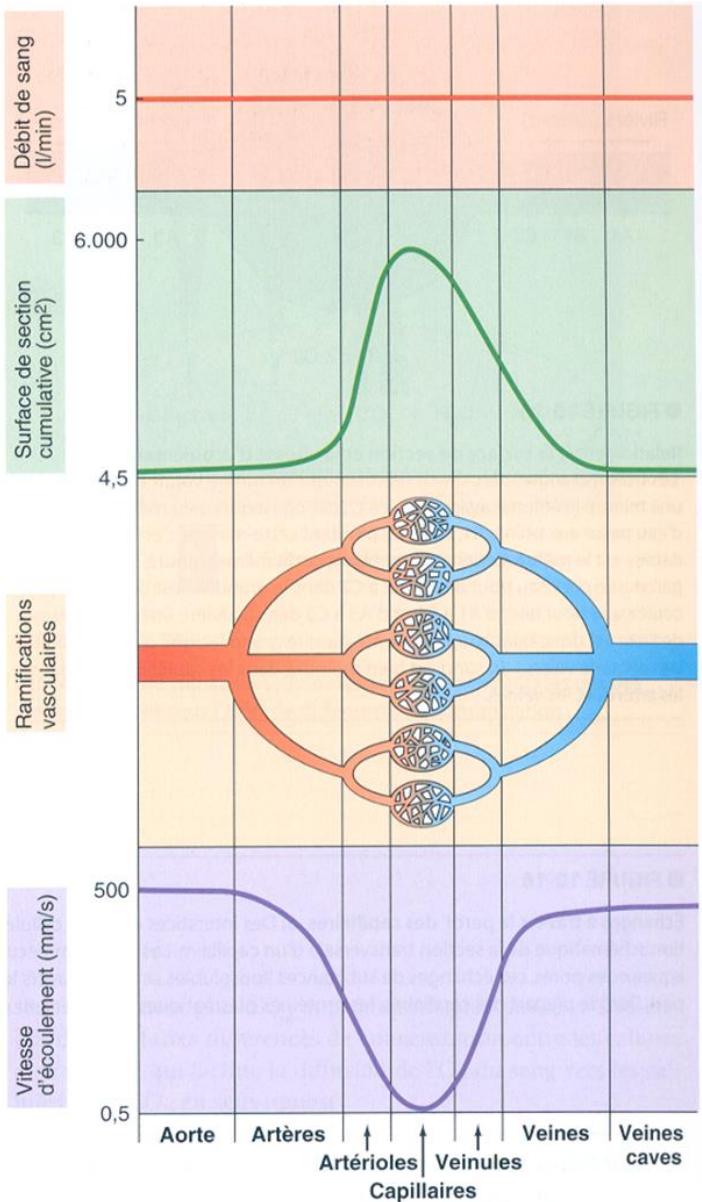
- Système résistif
- VG et artères systémiques
- Pression systolique : 120 mmHg
- Cause :
 - Activité contractile du VG
 - Résistances des petites artères et artéries



Système à basse pression

- Système capacitif
- Capillaires - Veines systémiques – OD-VD- Circulation pulmonaire
- Pression systolique : 20-25 mmHg
- 4/5 du volume sanguin total





	Artères élastiques (e.g. aorte)	Artères musculaires	Artérioles	Capillaires	Veinules	Veines	Veines caves	
diamètre (calibre)	2,5 cm	4 mm	30 µm	8 µm	20 µm	5 mm	30 mm	
épaisseur de la paroi	1-2 mm	1 mm	20 µm	2 µm	2 µm	0,5 mm	1,5 mm	
cellules musculaires lisses	+	++	+++	Ø	+/-	+	+	
particularités structurales	tissus fibreux fibres élastiques +++ vasa vasorum innervation sympathique			lame basale				
surface de section totale (cm ²)	2,5	20	40	2500	250	80	8	
vitesse du flux (cm/s)	40	10 à 40	0,1	< 0,1	0,3	0,3 à 5	5 à 20	
fonction	conduction; amortissement de l'onde pulsée		vasomotricité : distribution, résistance			échange		
pression	100 mmHg			réervoir sanguin (75 % du volume)				

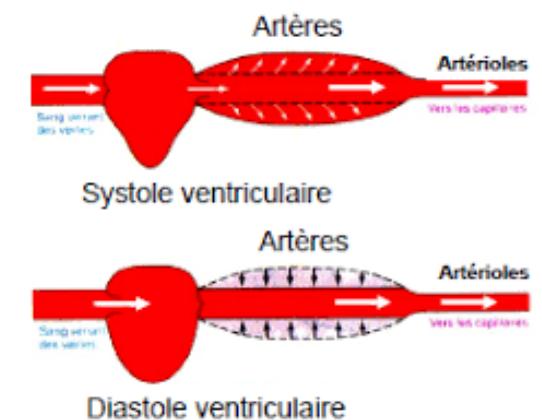
Débit et vitesse du sang en fonction de la surface de section cumulative des vaisseaux.

LA CIRCULATION ARTÉRIELLE

UEF 106

Pr Kaouthar Masmoudi

2025- 2026



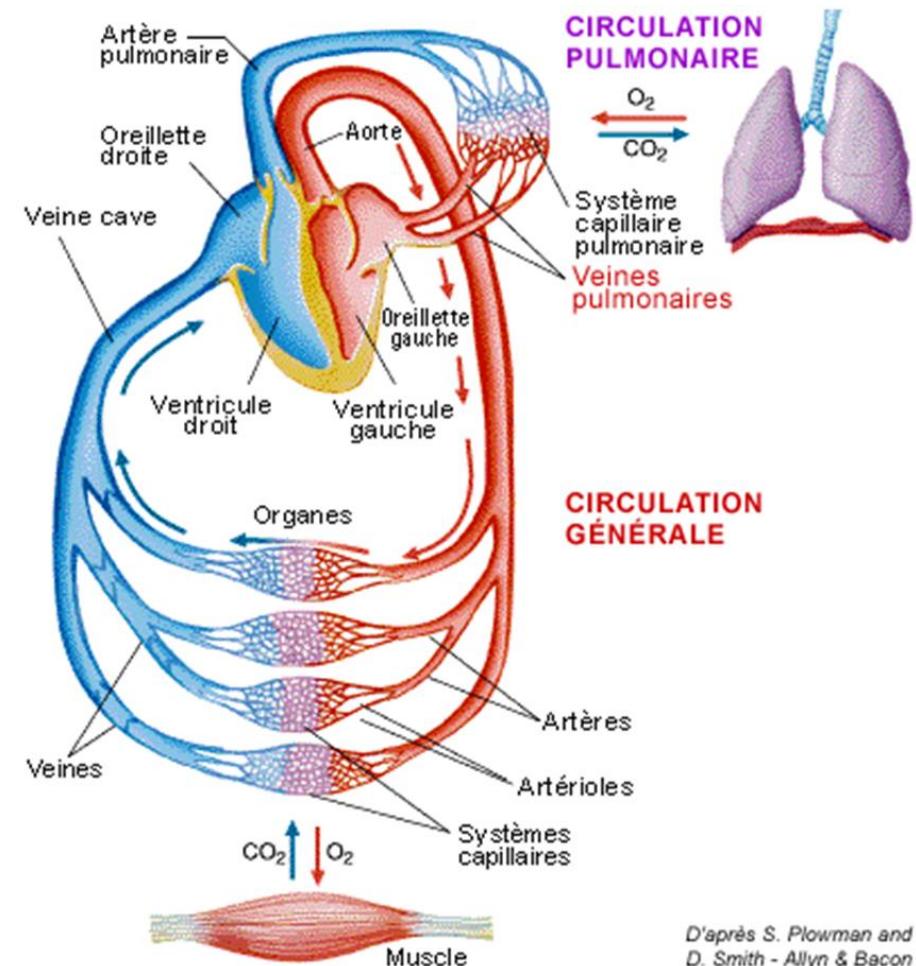
PLAN

- Caractères généraux
- Aspects morphologiques
- Grandeurs hémodynamiques caractéristiques
- L'onde d'éjection
- Mesure indirecte de la pression sanguine artérielle
- Variabilité de la pression sanguine
- Rôles de la circulation artérielle

CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Circulation artérielle:

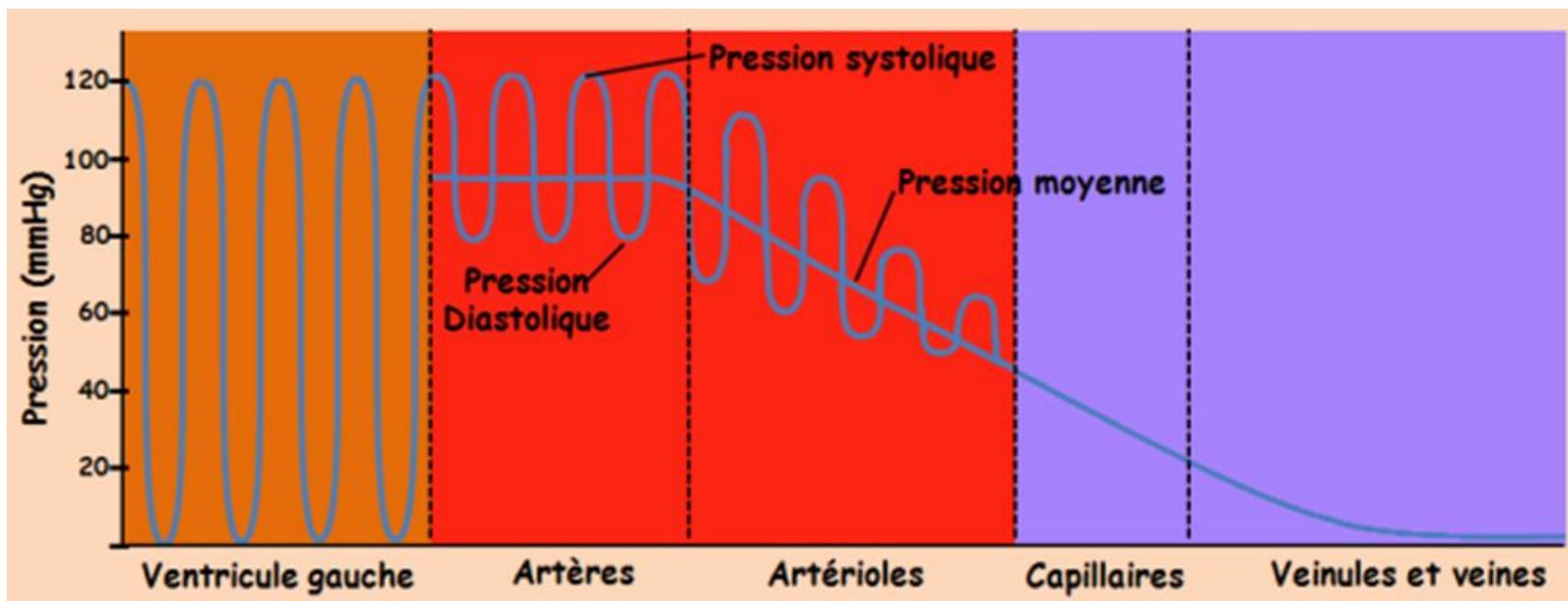
- Dans la grande circulation
 - Sang : VG → Artères → Capillaires de tous les organes

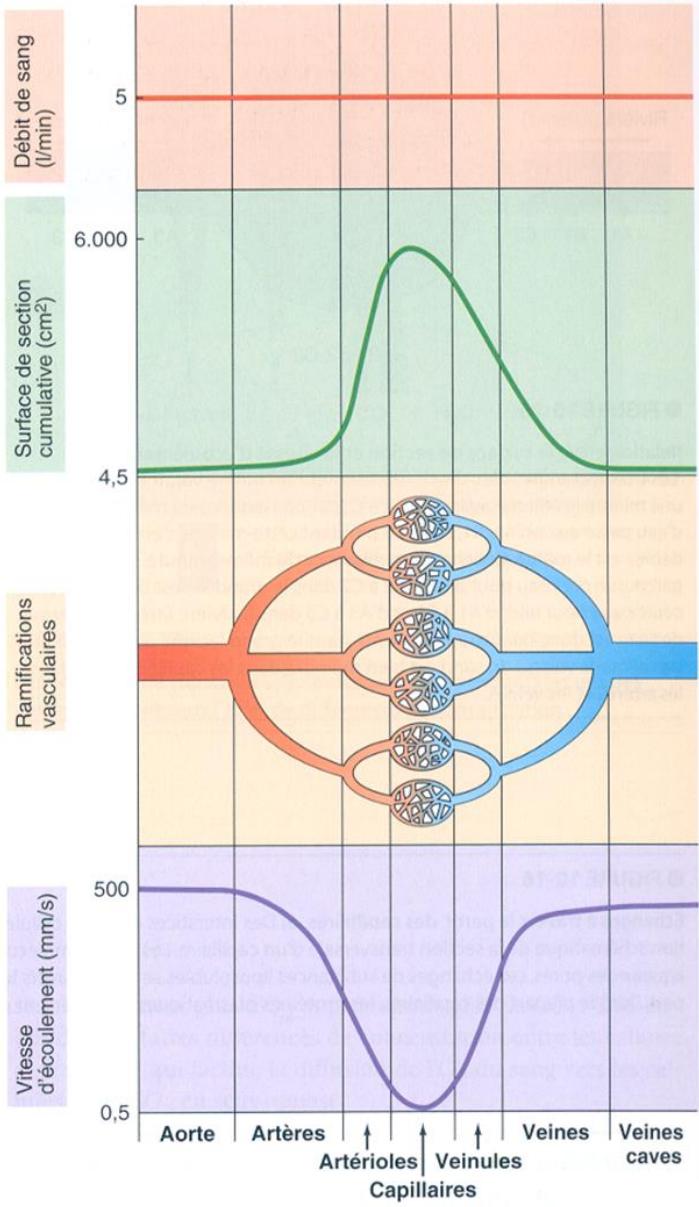


D'après S. Plowman and
D. Smith - Allyn & Bacon

Circulation artérielle:

- Caractéristiques hémodynamiques :
 - Pression élevée : 80-100 mmHg → Système à haute pression
 - Résistances élevées : au niveau des artéries +++





	Artères élastiques (e.g. aorte)	Artères musculaires	Artéries	Capillaires	Veinules	Veines	Veines caves
diamètre (calibre)	2,5 cm	4 mm	30 µm	8 µm	20 µm	5 mm	30 mm
épaisseur de la paroi	1-2 mm	1 mm	20 µm	2 µm	2 µm	0,5 mm	1,5 mm
cellules musculaires lisses	+	++	+++	Ø	+/-	+	+
particularités structurales	+++ tissus fibreux fibres élastiques +++ vasa vasorum innervation sympathique	++ + + + + + + +	lame basale	tissus fibreux et élastique vasa vasorum valves (anti-reflux)			
surface de section totale (cm²)	2,5	20	40	2500	250	80	8
vitesse du flux (cm/s)	40	10 à 40	0,1	< 0,1	0,3	0,3 à 5	5 à 20
fonction	conduction; amortissement de l'onde pulsée	vasomotricité: distribution, résistance	échange	réservoir sanguin (75 % du volume)			

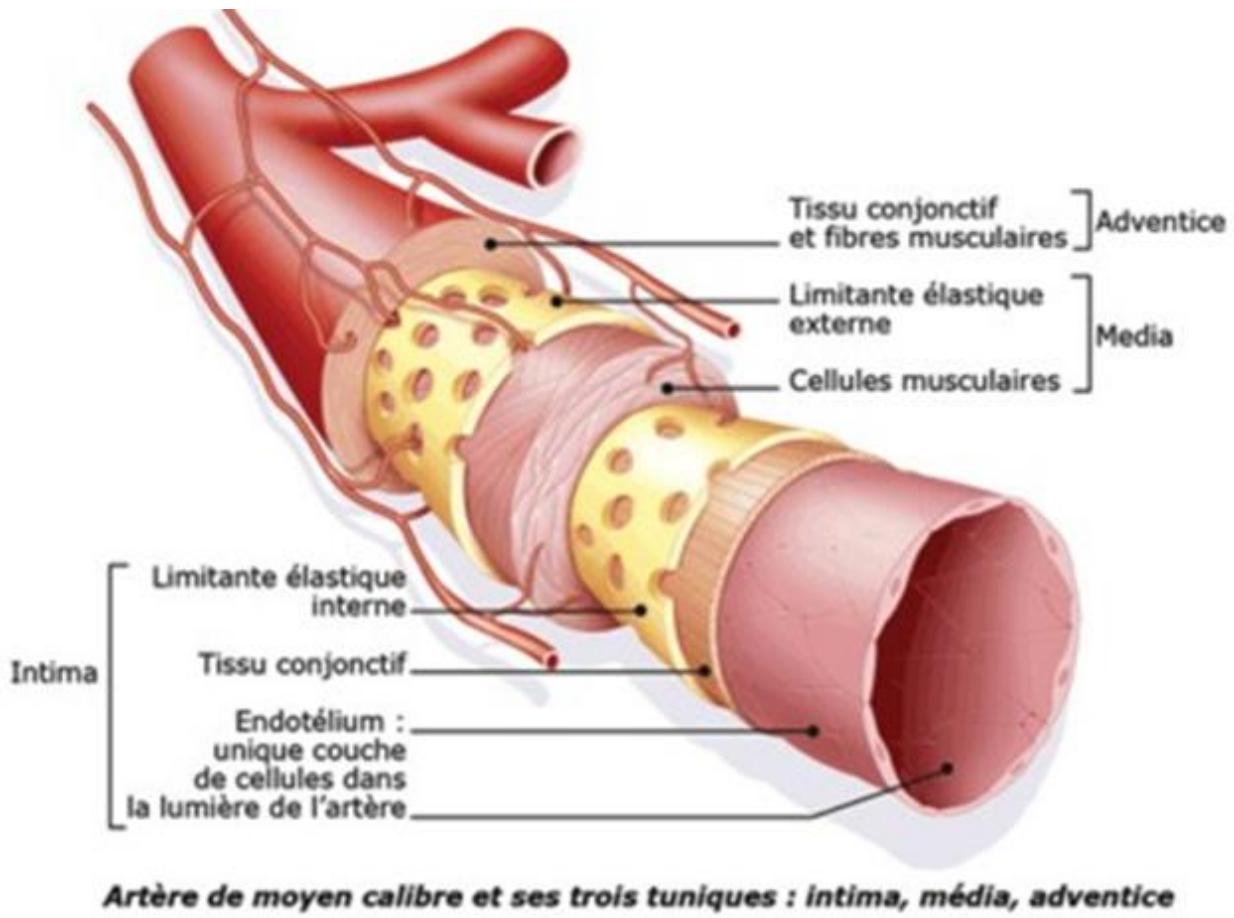
Débit et vitesse du sang en fonction de la surface de section cumulative des vaisseaux.

ASPECTS MORPHOLOGIQUES

- Fibres élastiques -Fibres musculaires
- Innervation et vaso-motricité.
- Propriétés mécaniques des artères

Fibres élastiques -Fibres musculaires

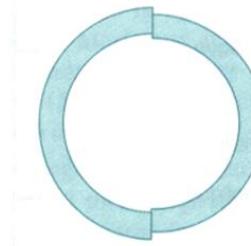
- Section des artères :
 - strictement circulaire
- Paroi : inhomogène :3 couches :
 - Intima
 - Média
 - Adventice
- Fibres élastiques : surtout dans l'intima
- Fibres musculaires lisses :dans la média



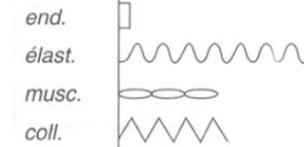
Fibres élastiques -Fibres musculaires

Répartition des fibres	élastiques	musculaires
Artères de gros calibre (>7mm)	+++	+/-
Artères de moyen calibre	++	++
Artères de petit calibre et artéries	+	++++
A l'extrémité du système artériel (sphincter pré-capillaire)		++++

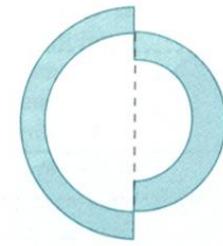
artère élastique
diamètre : 10 – 20 mm



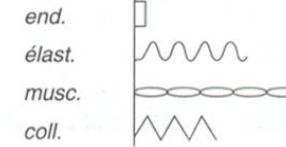
VD VC



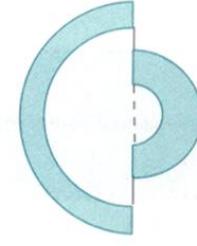
artère de distribution
diamètre : 1 – 10 mm



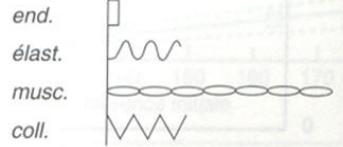
VD VC



artéiole
diamètre : 0,02 – 0,2 mm



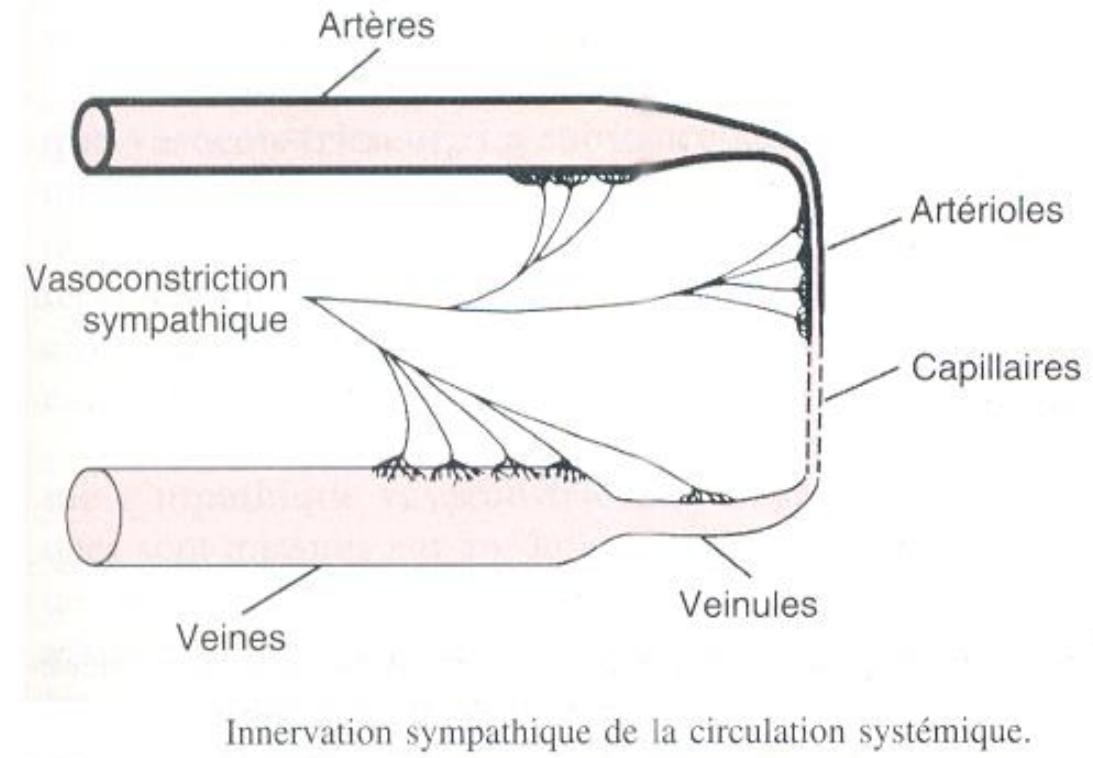
VD VC



Innervation et vaso-motricité

Fibres musculaires lisses vasculaires :

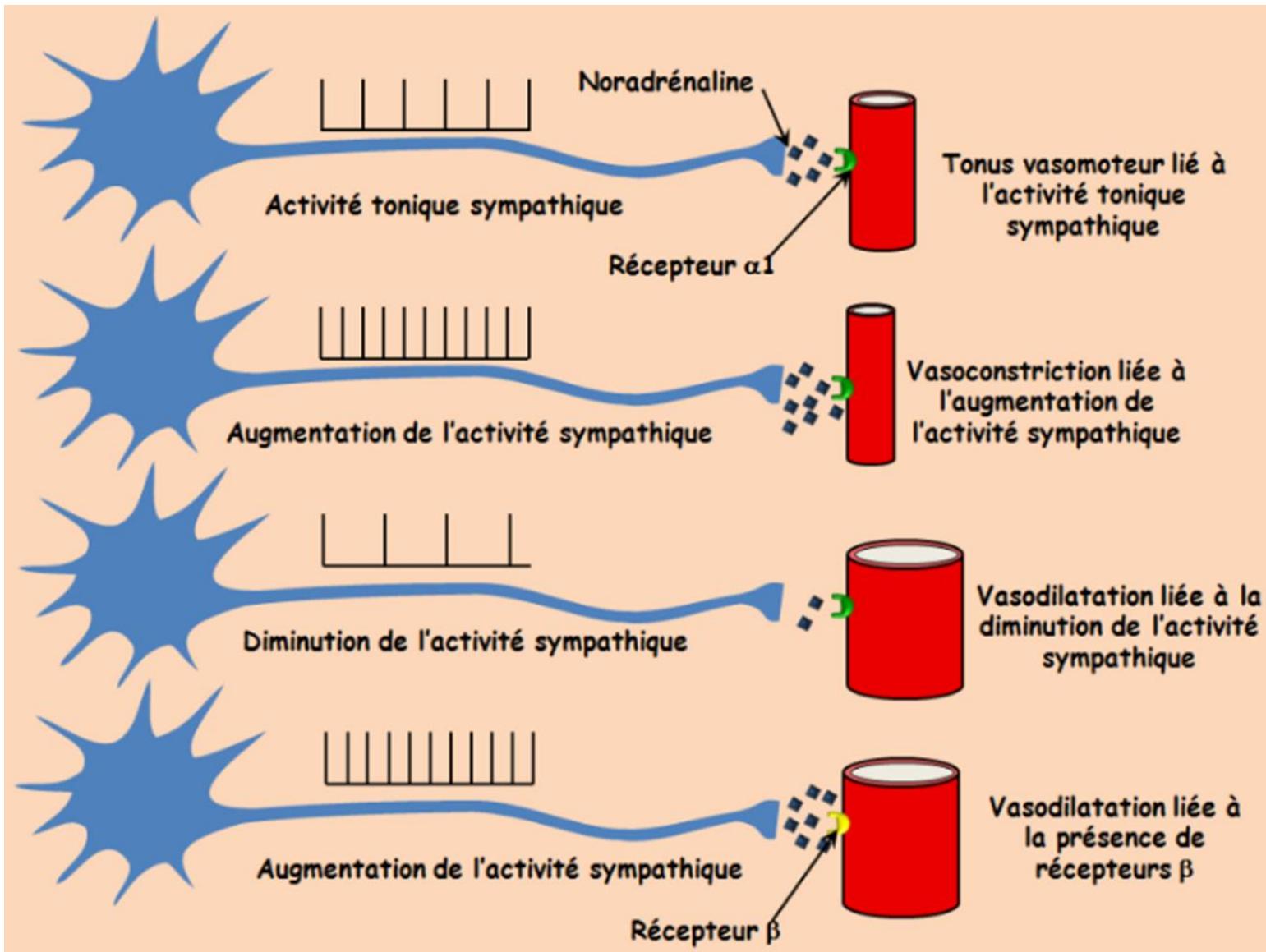
- Innervation **exclusivement sympathique**
- Médiateur : noradrénaline
- Récepteurs : α +++
 - (+) → Vasoconstriction
 - (-) → Vasodilatation
- Quelques récepteurs β : +/-
 - (+) → Vasodilatation



Innervation et vaso-motricité

Fibres musculaires lisses vasculaires :

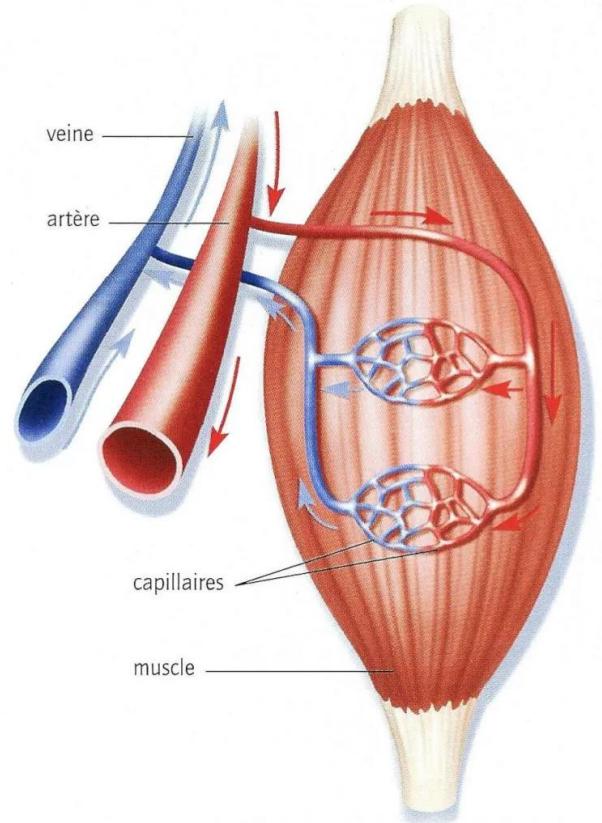
- Innervation **exclusivement sympathique**
- Médiateur : noradrénaline
- Récepteurs : α +++
 - (+) \rightarrow Vasoconstriction
 - (-) \rightarrow Vasodilatation
- Quelques récepteurs β : +/-
 - (+) \rightarrow Vasodilatation



Innervation et vaso-motricité

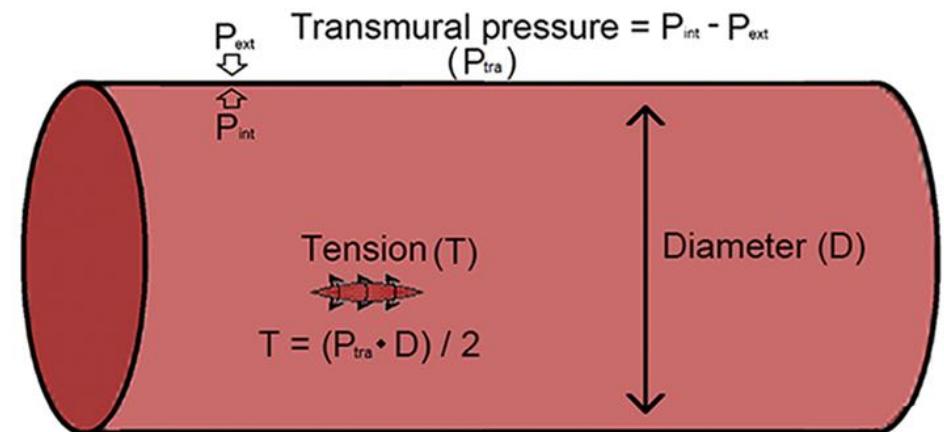
Particularité au niveau des muscles squelettiques :

- Système sympathique :
- Médiateurs :
 - Noradrénaline → R adrénériques → Vasoconstriction
 - Acétylcholine → R cholinergiques → Vasodilatation



Propriétés mécaniques des artères

- Pression transmurale :
 - Pression sanguine à l'intérieur de l'artère
 - Pression des tissus qui entourent l'artère
- Loi de Laplace : $T = P \times r / e$: $P \times r$
 - Variations de e : négligeables



GRANDEURS HÉMODYNAMIQUES CARACTÉRISTIQUES

- La pression sanguine artérielle
- Débit et vitesse d'écoulement

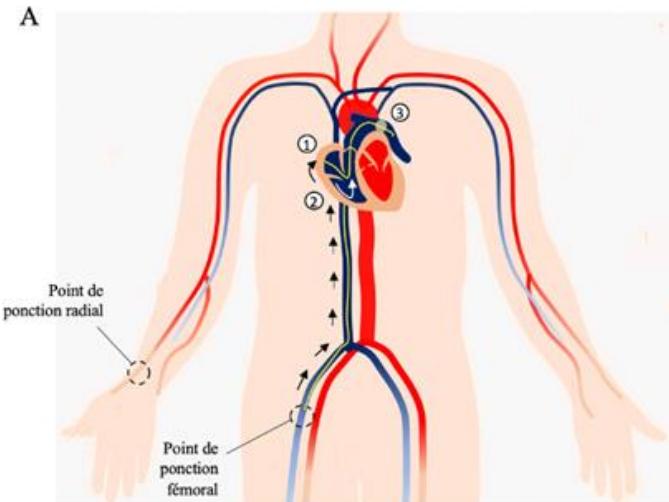
La pression sanguine artérielle

- Valeur et variation périodique de la pression
- Évolution morphologique de la courbe de pression
- Les facteurs de la pression
- Intervention de la pression hydrostatique

Valeur et variation périodique de la pression

Mesure de la pression artérielle : PA :

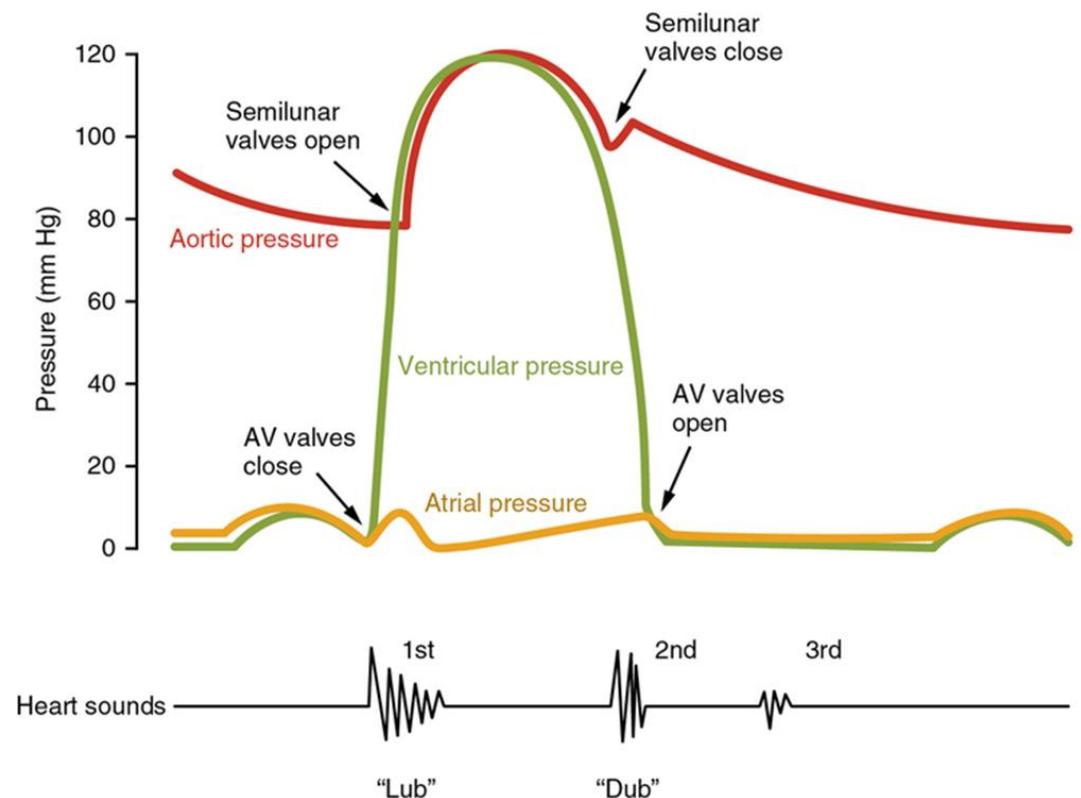
- Directe : cathétérisme cardiaque
- Indirecte : tensiomètre

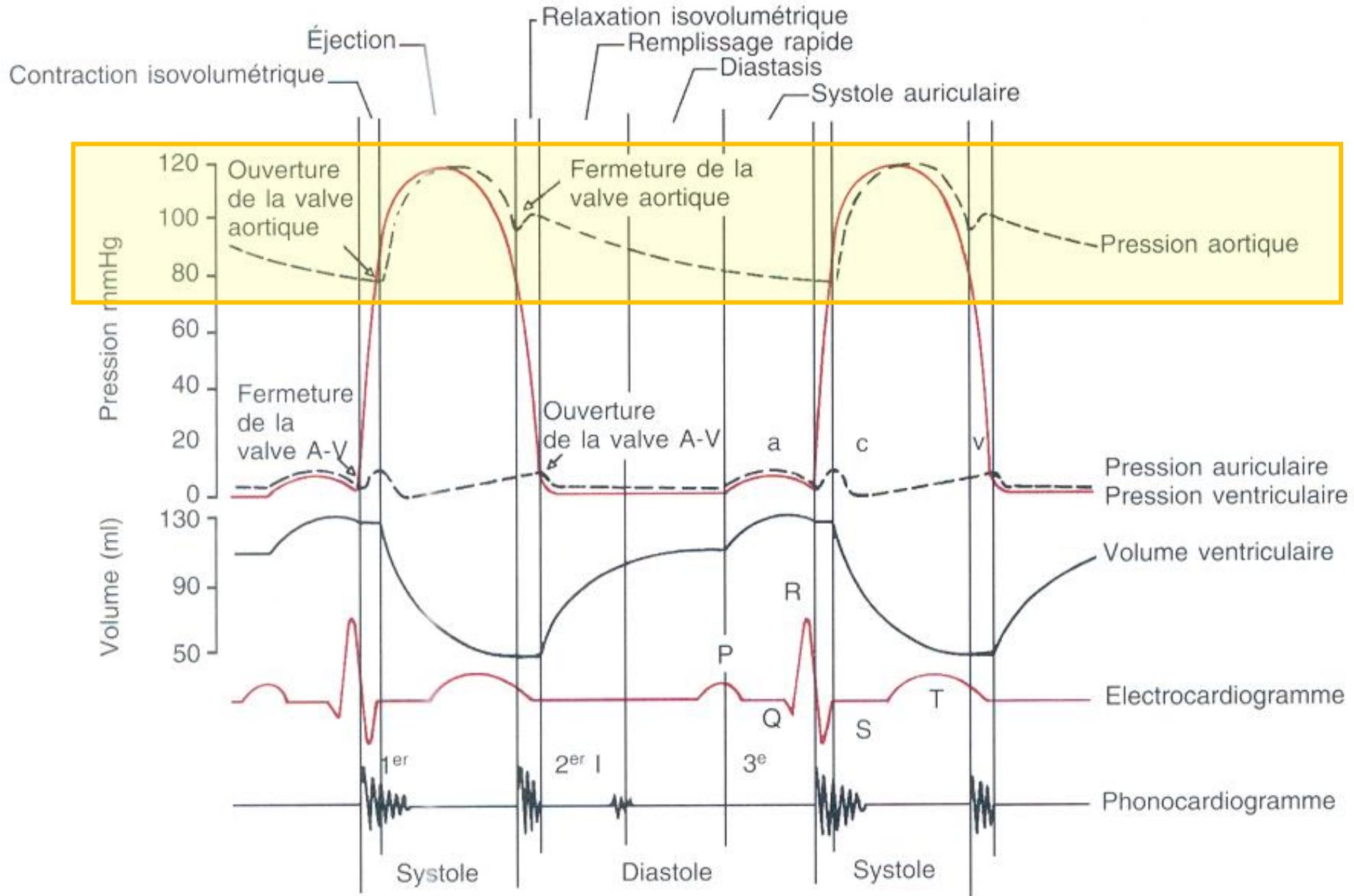


Valeur et variation périodique de la pression

Courbe de la pression artérielle :

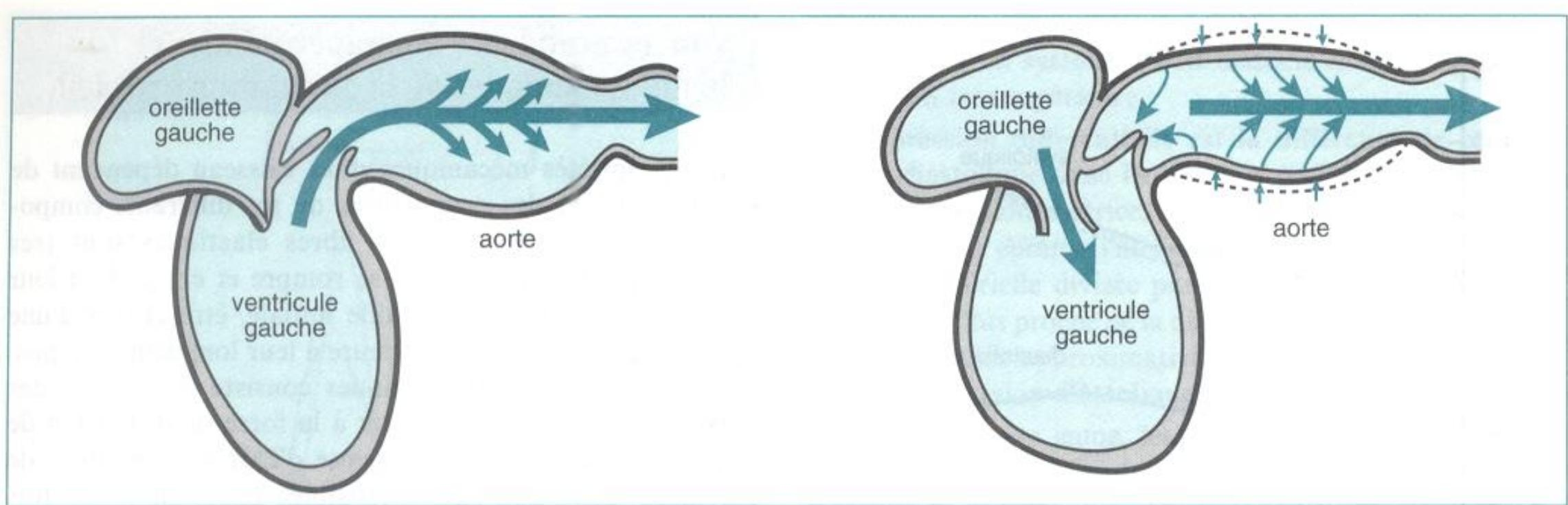
- Variation périodique :
 - synchrone à l'activité cardiaque
 - Valeur minimale : 70 mmHg
 - Valeur maximale : 120 mmHg
- Courbe superposée à celle du VG au cours de la systole
 - Valeur minimale : postcharge → ouverture des valves aortiques
 - Éjection systolique → fermeture des valves aortiques → incisure de la courbe de pression : ébranlement du sang
- Au cours de la diastole :
 - La pression ↴ lentement
 - Élasticité artérielle





Le cycle cardiaque: variation de la pression auriculaire gauche, de la pression ventriculaire gauche, de la pression aortique, du volume ventriculaire, de l'electrocardiogramme et du ventriculogramme.

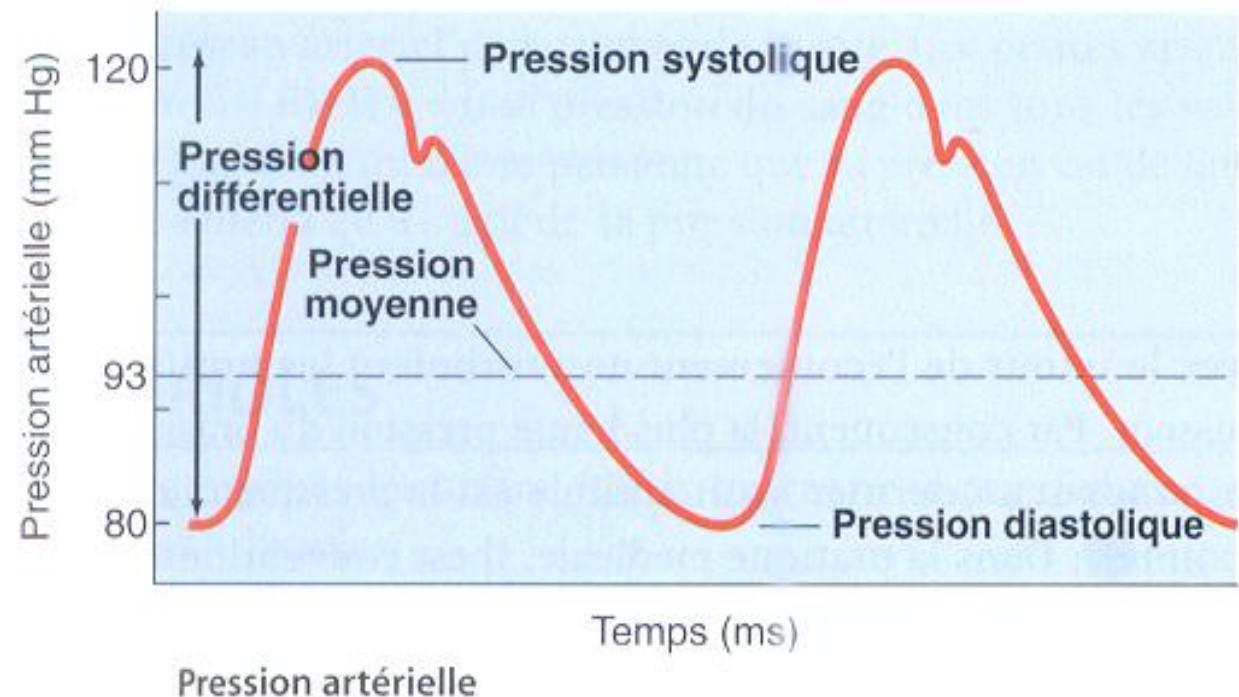
Valeur et variation périodique de la pression



Environ 50 % du volume d'éjection systolique ventriculaire gauche est stocké dans les artères compliantes pendant la systole. Le volume sanguin stocké par les artères compliantes s'écoule vers la périphérie pendant la diastole.

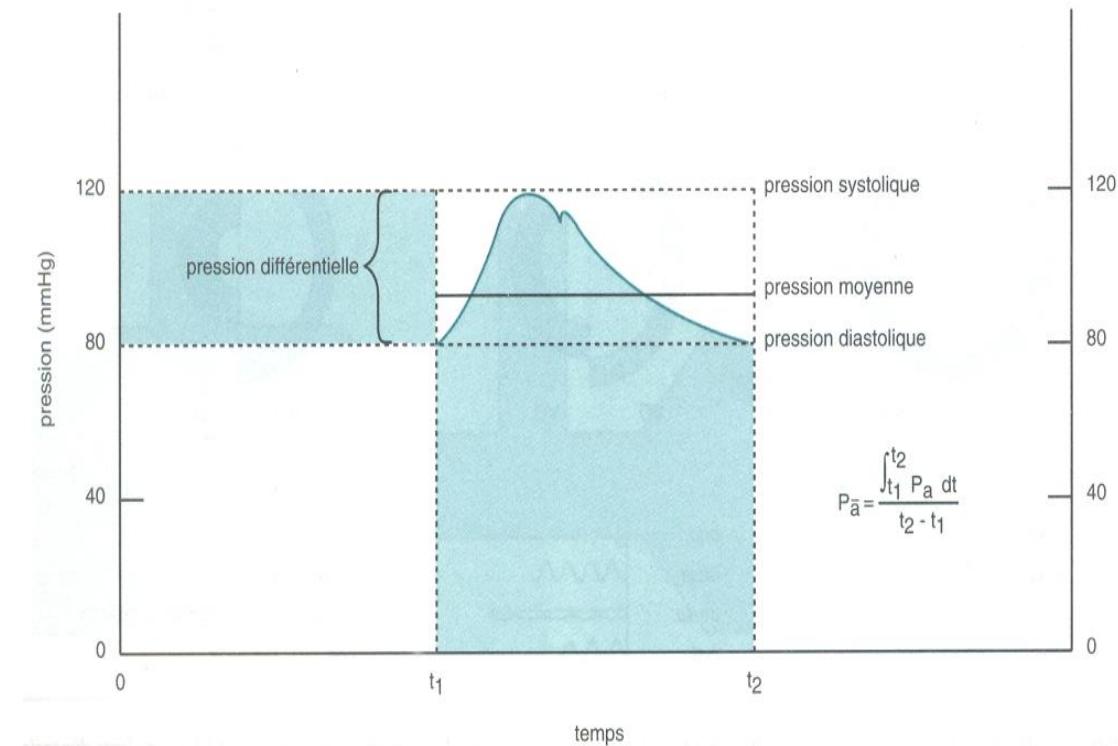
Valeur et variation périodique de la pression

- La pression artérielle moyenne : PAm
 - $Pm = \int t_0^T P(t) dt / T$
 - T : période : durée du cycle
- $PAm = \text{pression diastolique} + \text{pression différentielle} / 3$
- Pression différentielle :
 Pression systolique – Pression diastolique



Valeur et variation périodique de la pression

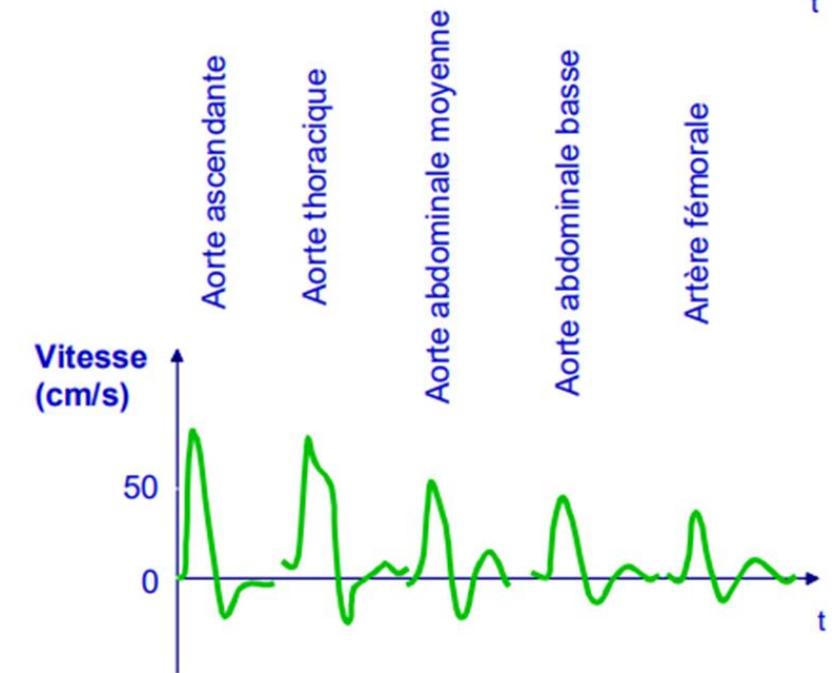
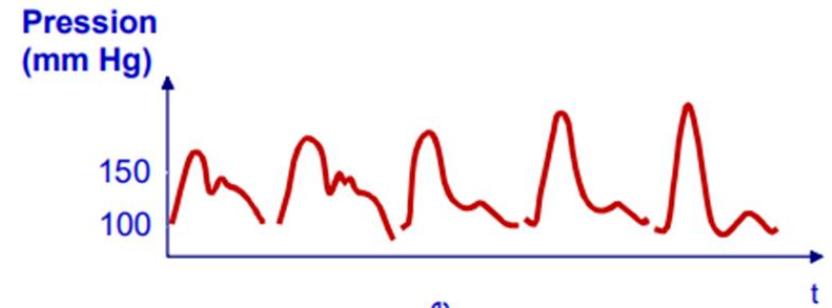
- La pression artérielle moyenne : PAm
 - $P_m = \int_{t_0}^{t_0+T} P(t) dt / T$
 - T : période : durée du cycle
 - $PAm = \text{pression diastolique} + \text{pression différentielle} / 3$
- Pression différentielle :
Pression systolique – Pression diastolique



Évolution morphologique de la courbe de pression

Le long de l'arbre artériel

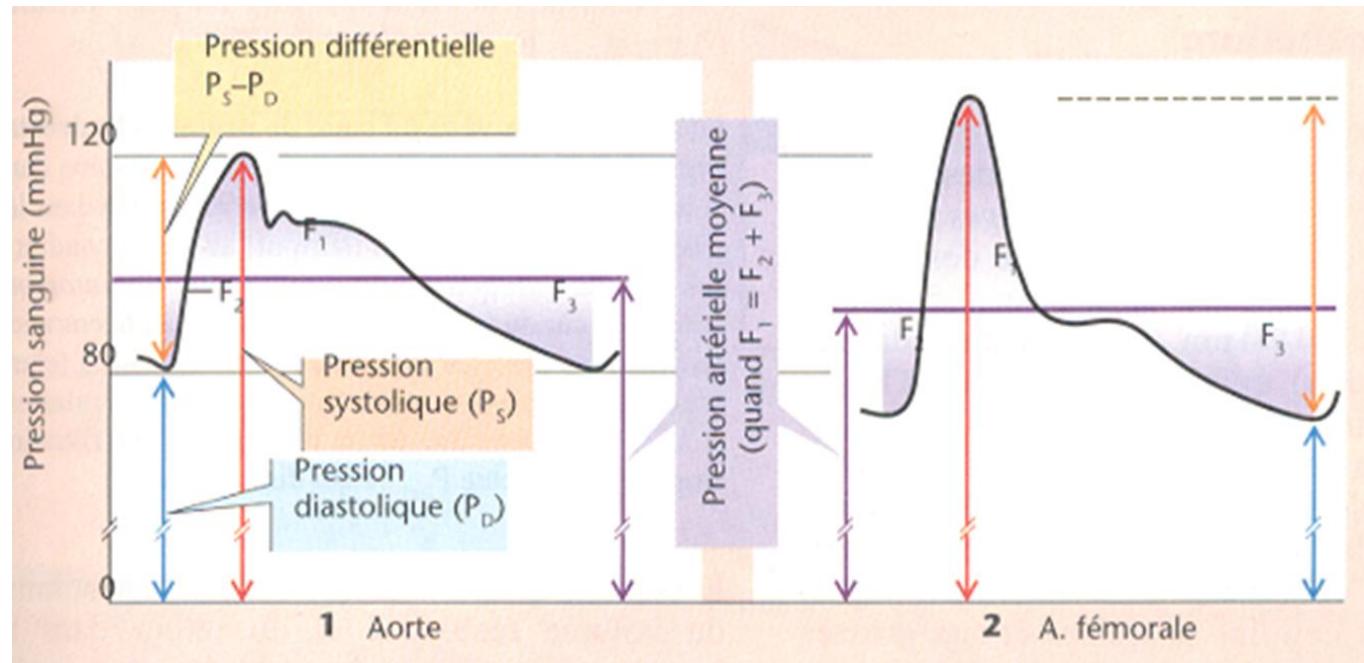
- La périodicité est conservée
- La forme de la courbe se modifie :
 - L'amplitude des oscillations ↗ au niveau des A périphériques
 - La pression différentielle ↗
 - PAm ↘ progressivement et faiblement → discrète perte de charge
- La ↘ de PAm est la plus importante au niveau de artérioles



Évolution morphologique de la courbe de pression

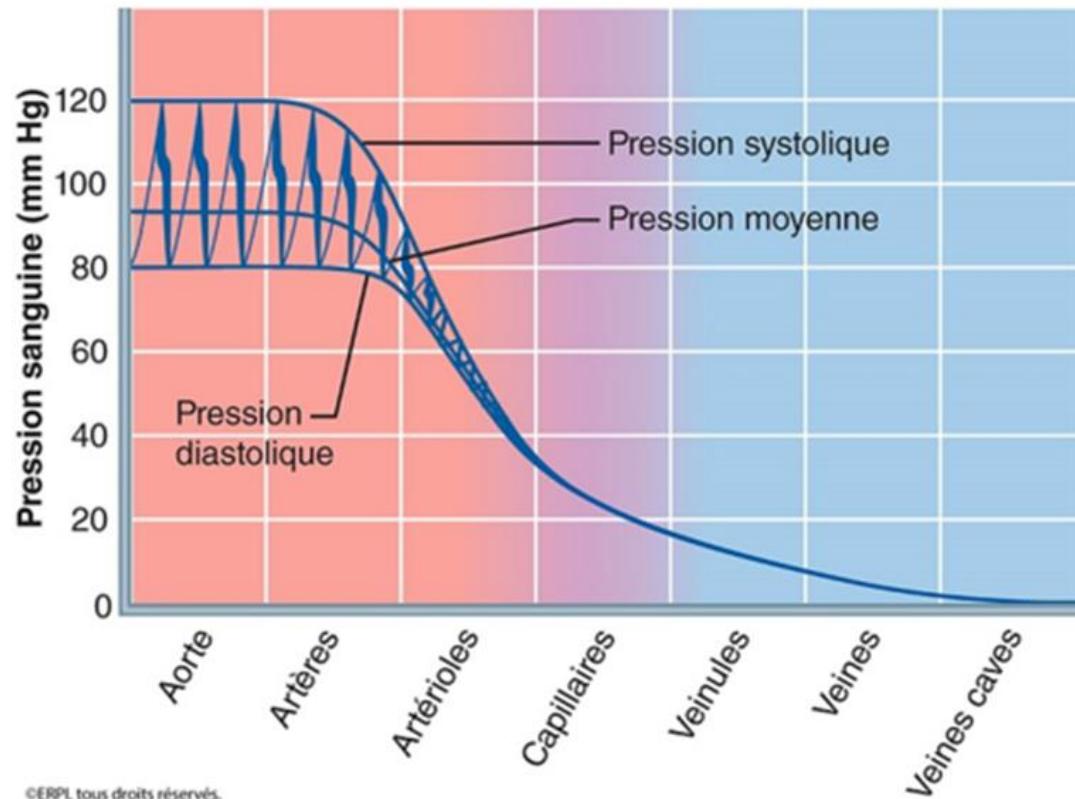
Le long de l'arbre artériel

- La périodicité est conservée
- La forme de la courbe se modifie :
 - L'amplitude des oscillations ↗ au niveau des A périphériques
 - La pression différentielle ↗
 - PAm ↘ progressivement et faiblement → discrète perte de charge



Évolution morphologique de la courbe de pression

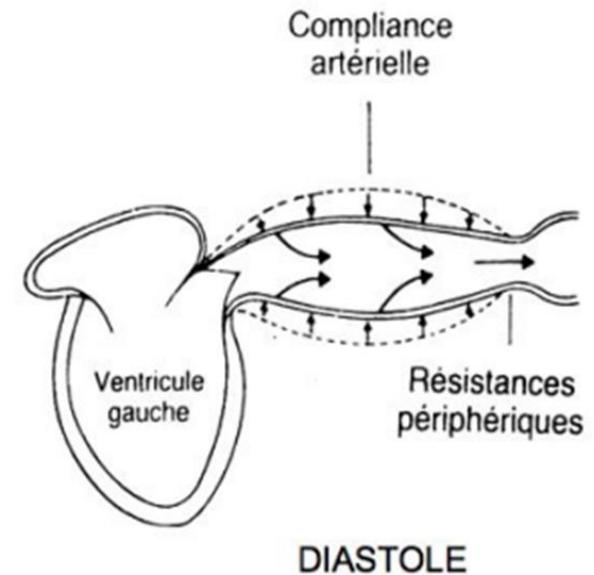
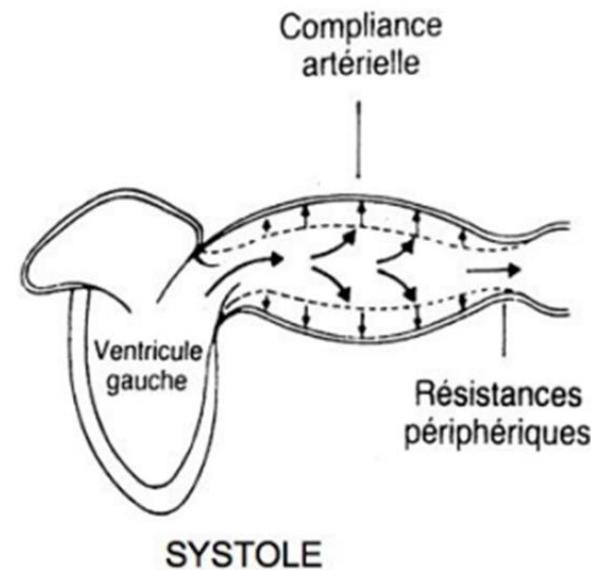
- La ↓ de PAm est la plus importante au niveau de artéries



Les facteurs de la pression

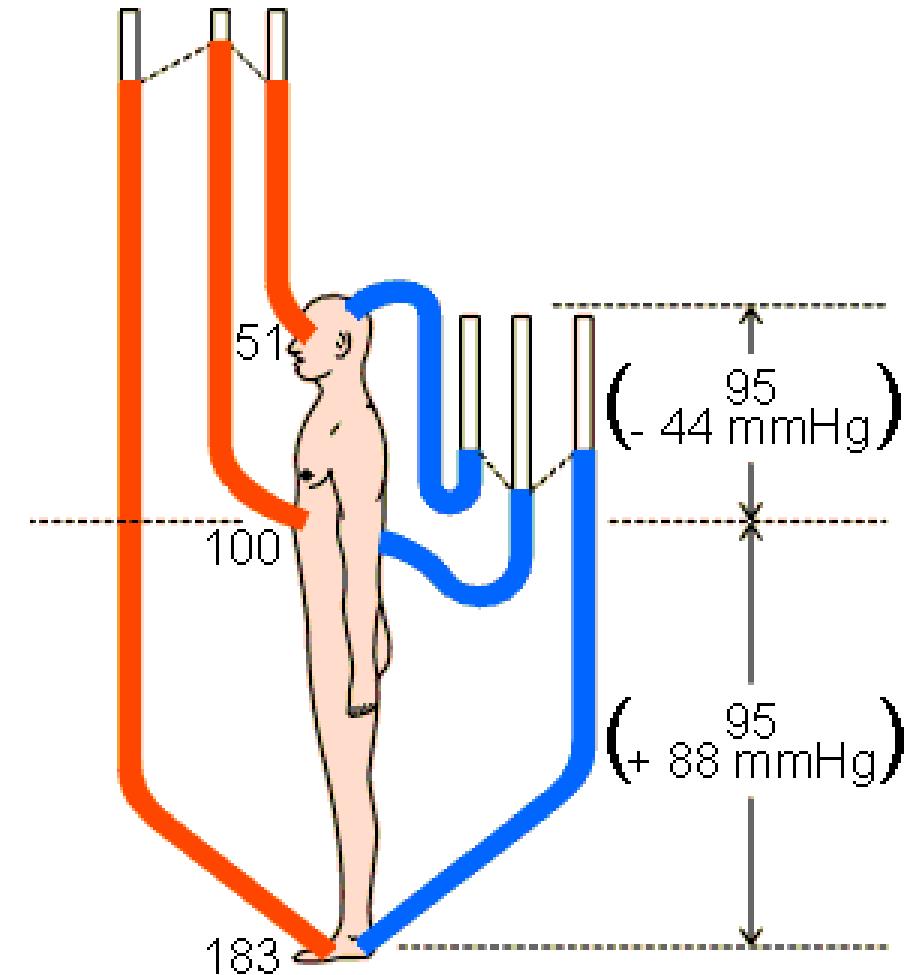
Haute valeur de pression due à :

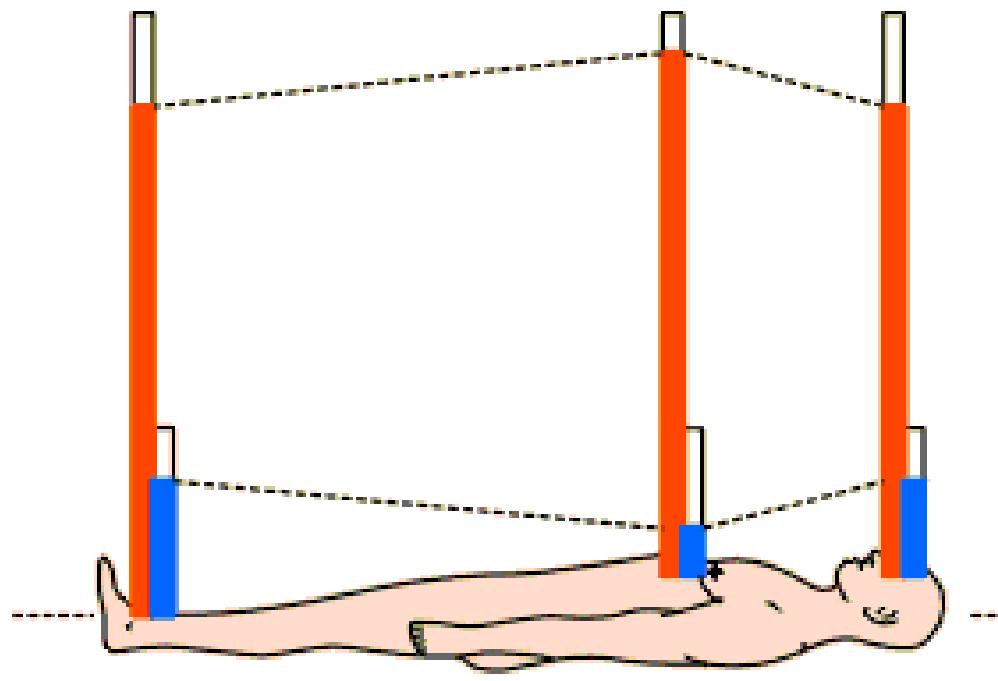
- Activité de la pompe ventriculaire gauche
- Résistances artériolaires



Intervention de la pression hydrostatique

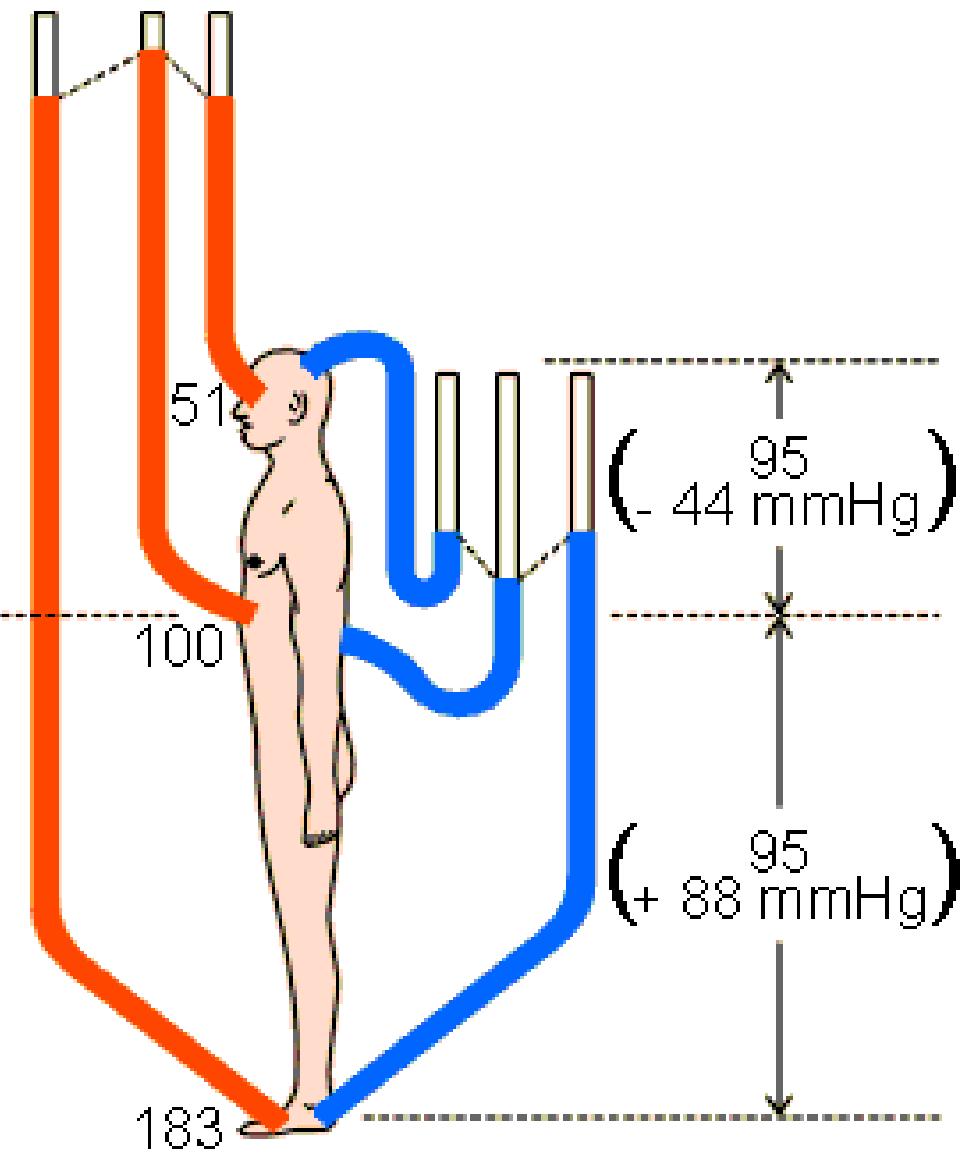
- En position debout :
 - gradient de pression hydrostatique
- A partir du cœur : la pression :
 - ↗ progressivement dans les territoires infra-cardiaques
 - ↘ progressivement dans les territoires supra-cardiaques
- Valeurs :
 - Pression A pédieuses > P au niveau du cœur de ≈ 100 mmHg
 - Pression A cérébrales < P au niveau du cœur de ≈ 20 mmHg
- Paradoxe : En position debout :
 - le cerveau est l'organe irrigué sous la plus faible pression





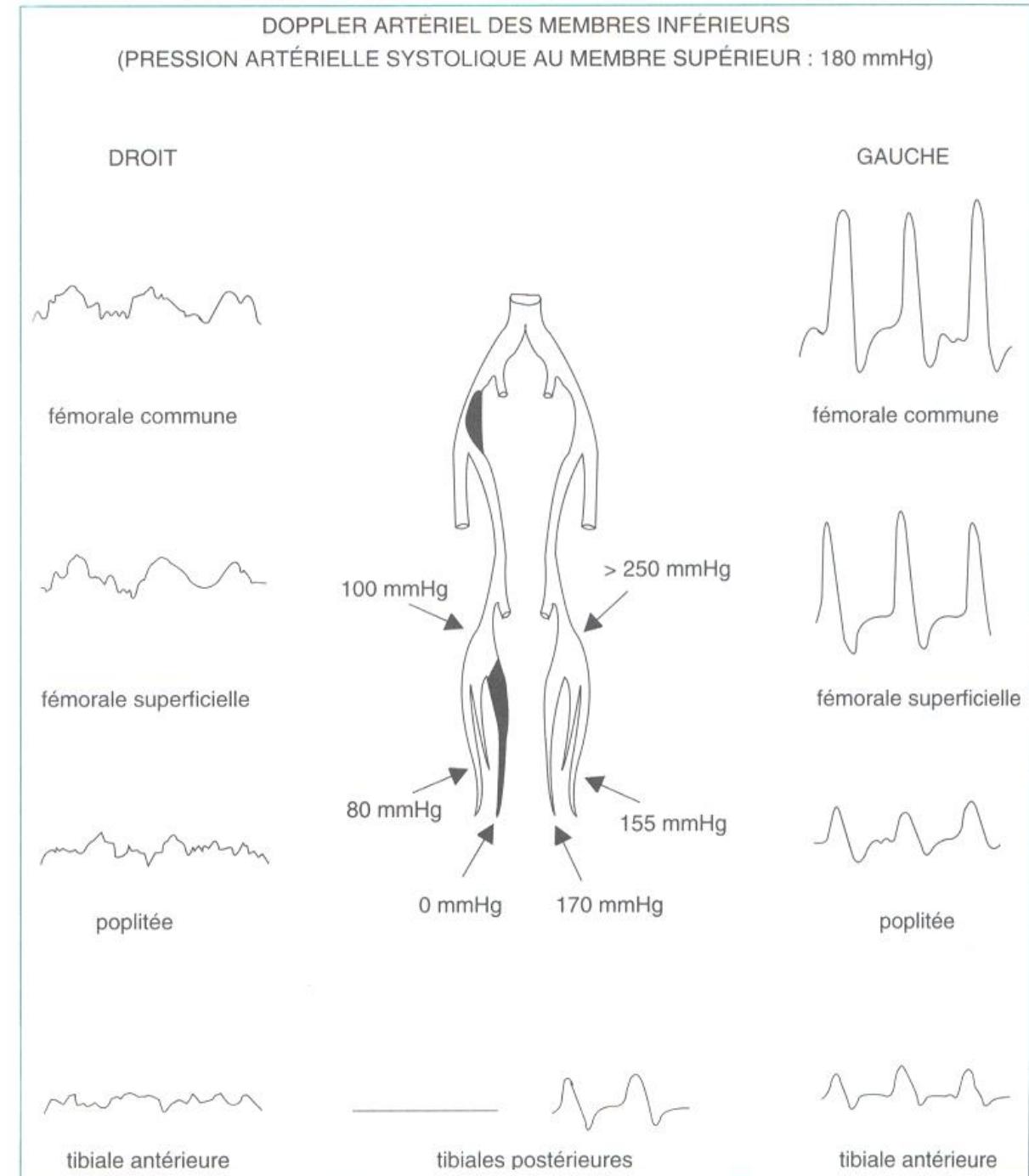
Pressions artérielles

Pressions veineuses



Débit et vitesse d'écoulement

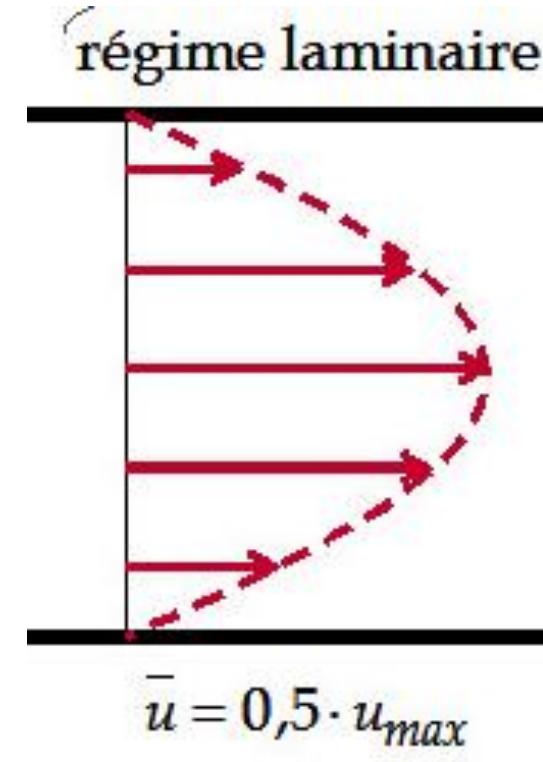
- Débit dans une artère :
 - mesure : peu d'intérêt
 - Mesure du débit local dans un organe :++
- Mesure de la vitesse du flux sanguin :
 - intérêt ++
 - Par Doppler
 - Déetecter une sténose artérielle
 - → Mesurer le débit



La vitesse d'écoulement

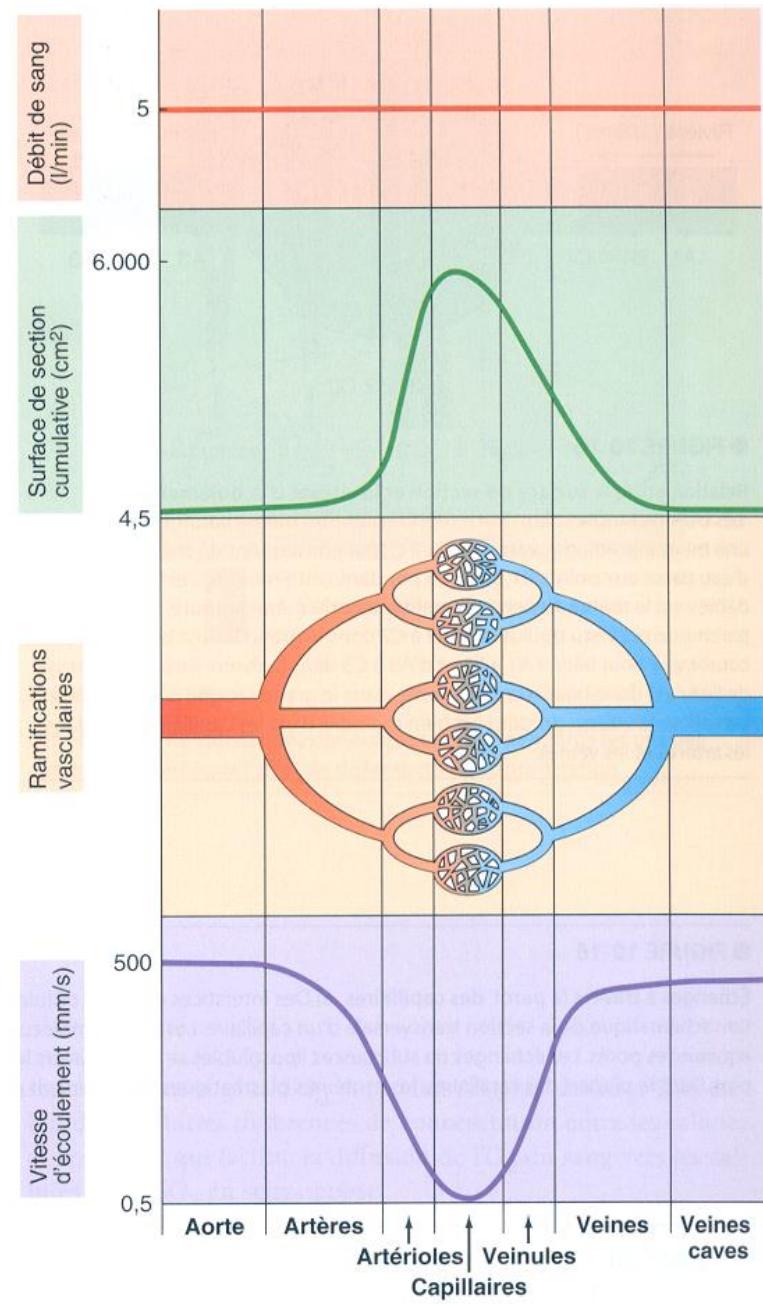
La vitesse du flux :

- varie à l'intérieur de la tranche de section :
 - Au centre > aux bords
- Vitesse moyenne :
 - $\frac{1}{2}$ de vitesse maximale
- Ecoulement sanguin : périodique →
- La vitesse moyenne dépend de :
 - La durée du cycle cardiaque
 - La surface de section



La vitesse d'écoulement

- Vitesse du courant sanguin : $V= Q/A$
 - V : vitesse : cm/s
 - Q : débit sanguin : ml/min
 - A : surface de section de coupe : cm^2
- → Vitesse d'écoulement :
 - La plus grande : dans l'aorte : A élevée
 - La plus faible : dans les capillaires : A faible
- Dans l'aorte :
 - Vitesse maximale : 0.8-1.1m/s
 - Vitesse moyenne sur l'ensemble du cycle : 0.22-0.25m/s

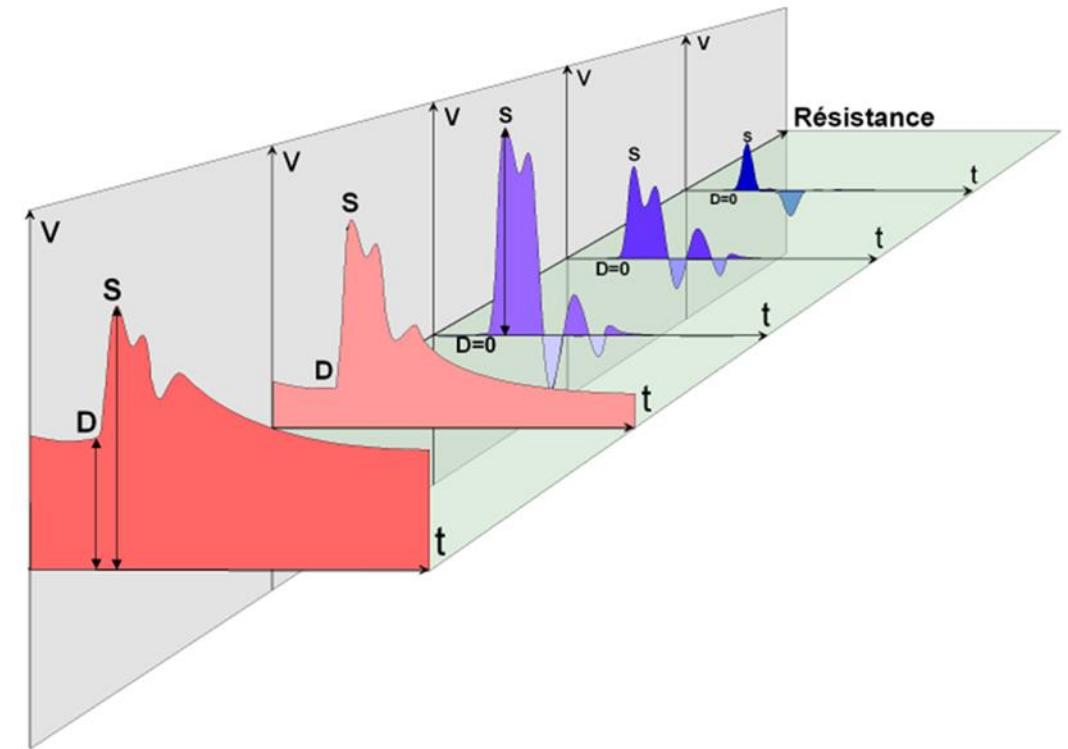


Débit et vitesse du sang en fonction de la surface de section cumulative des vaisseaux.

La vitesse d'écoulement

Dans les vaisseaux périphériques :

- La forme de la courbe de vitesse se modifie
- La vitesse diminue
- La vitesse dépend des résistances vasculaires

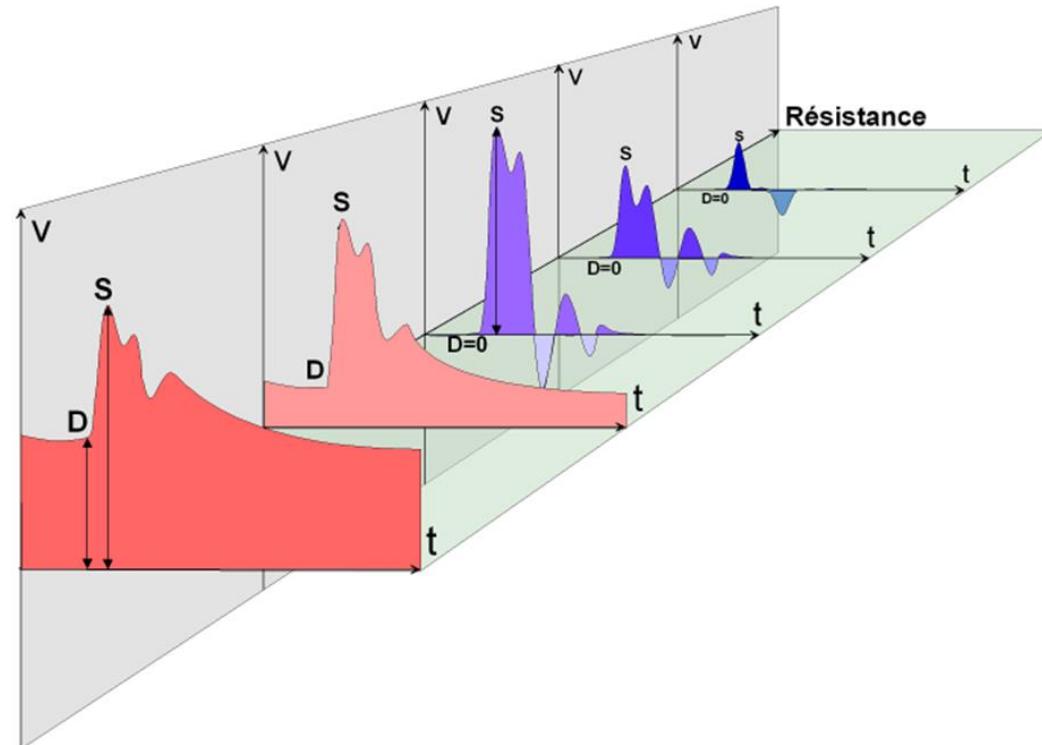


La vitesse d'écoulement

Territoires à faible résistance

Faible augmentation systolique comparée à la diastolique

- Valeur non nulle durant toute la diastole
- → perfusion systolique et diastolique



Territoires à forte résistance

Forte augmentation systolique comparée à la diastolique

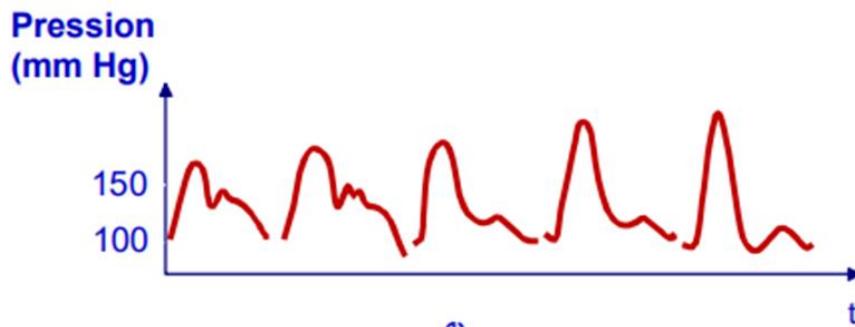
- Inversion transitoire
- Plateau de vitesse nulle
- → perfusion exclusivement systolique

La vitesse d'écoulement

Territoires à faible résistance

Faible augmentation systolique comparée à la diastolique

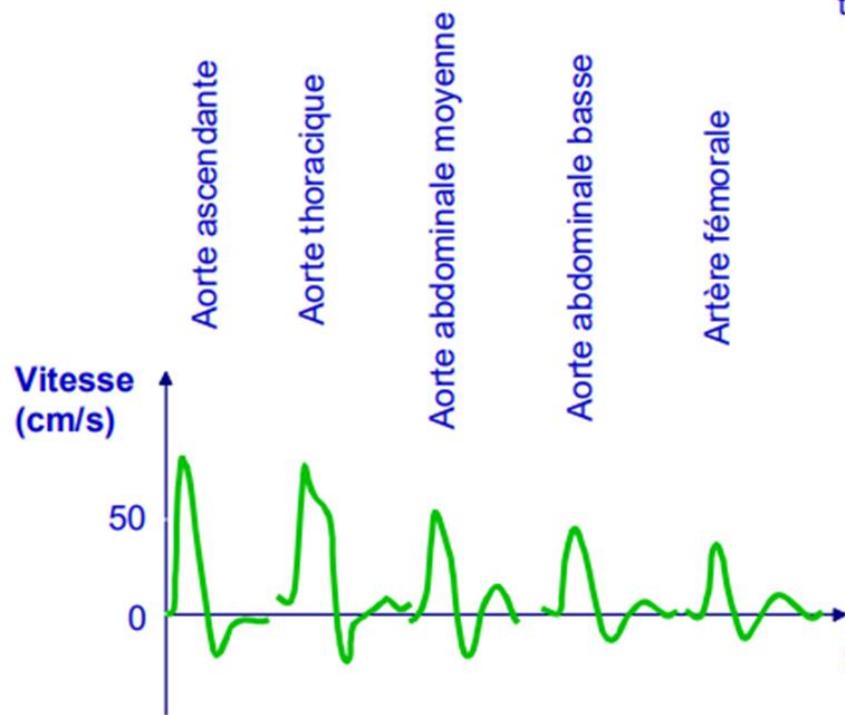
- Valeur non nulle durant toute la diastole
- → perfusion systolique et diastolique



Territoires à forte résistance

Forte augmentation systolique comparée à la diastolique

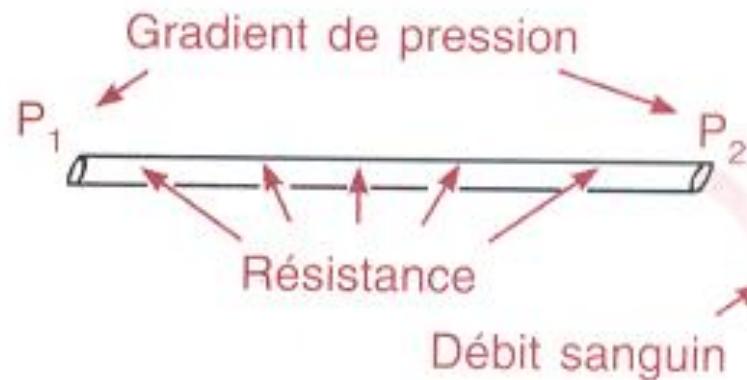
- Inversion transitoire
- Plateau de vitesse nulle
- → perfusion exclusivement systolique



Le débit sanguin

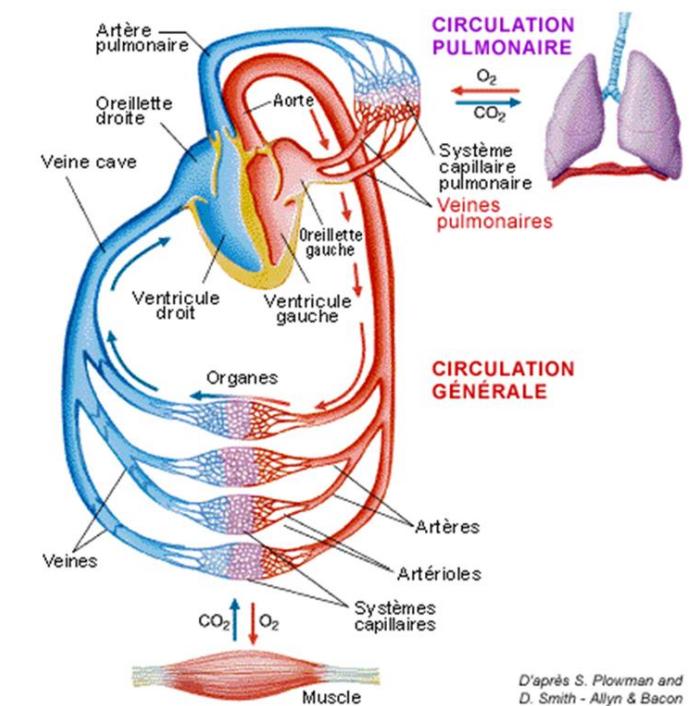
- Le débit sanguin : $Q = \Delta P/R$

- Q : débit : ml/min
- ΔP : différence de pression : mmHg
- R : résistance



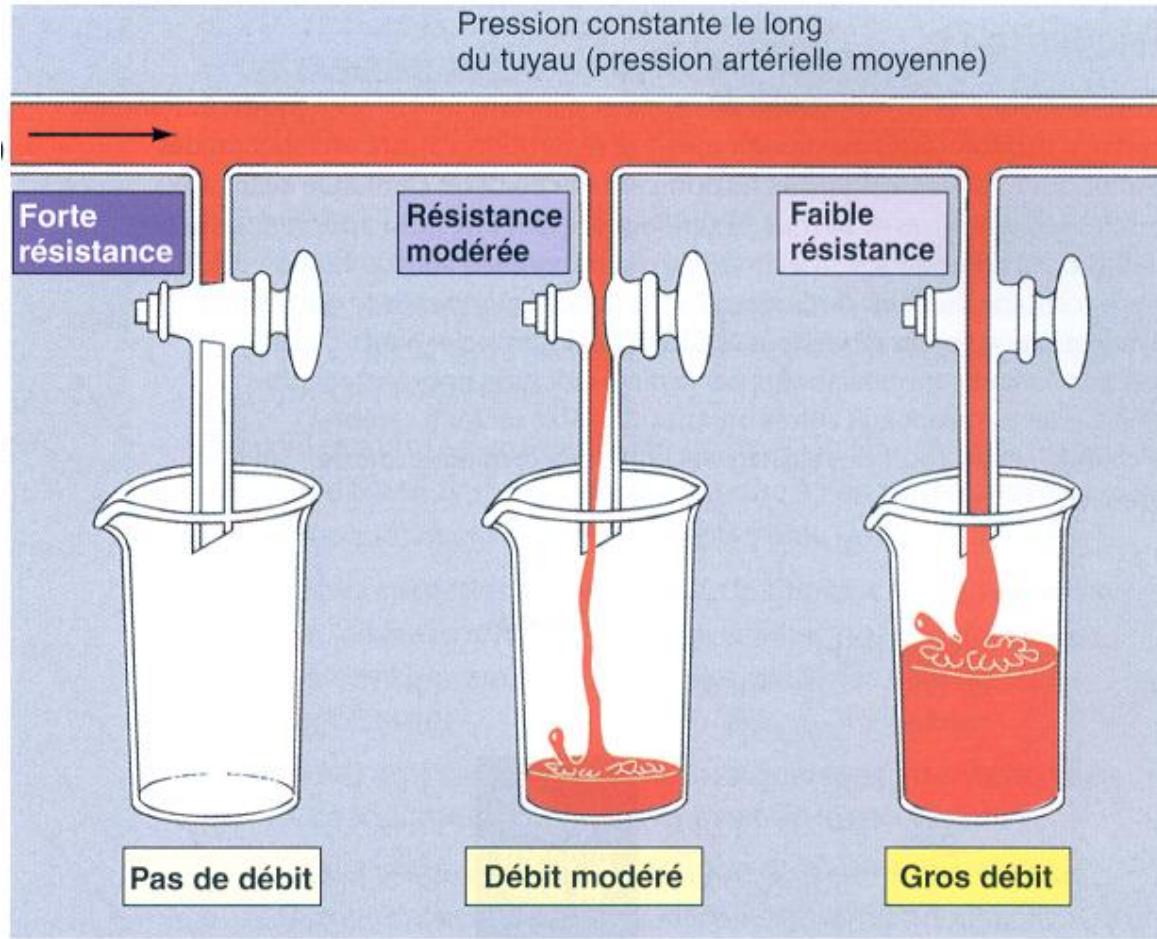
- → Débit cardiaque = $(PAm - \text{Pression OD}) / \text{RPT}$

- PAm : pression artérielle moyenne
- Pression OD : dans l'oreillette droite
- RPT : Résistances périphériques totales



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

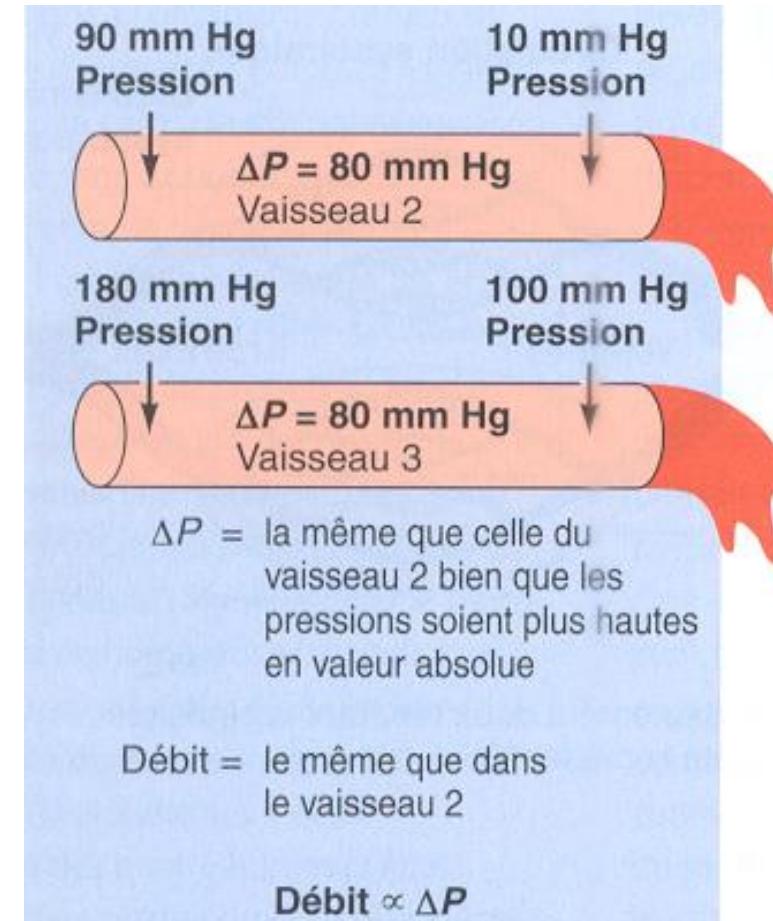
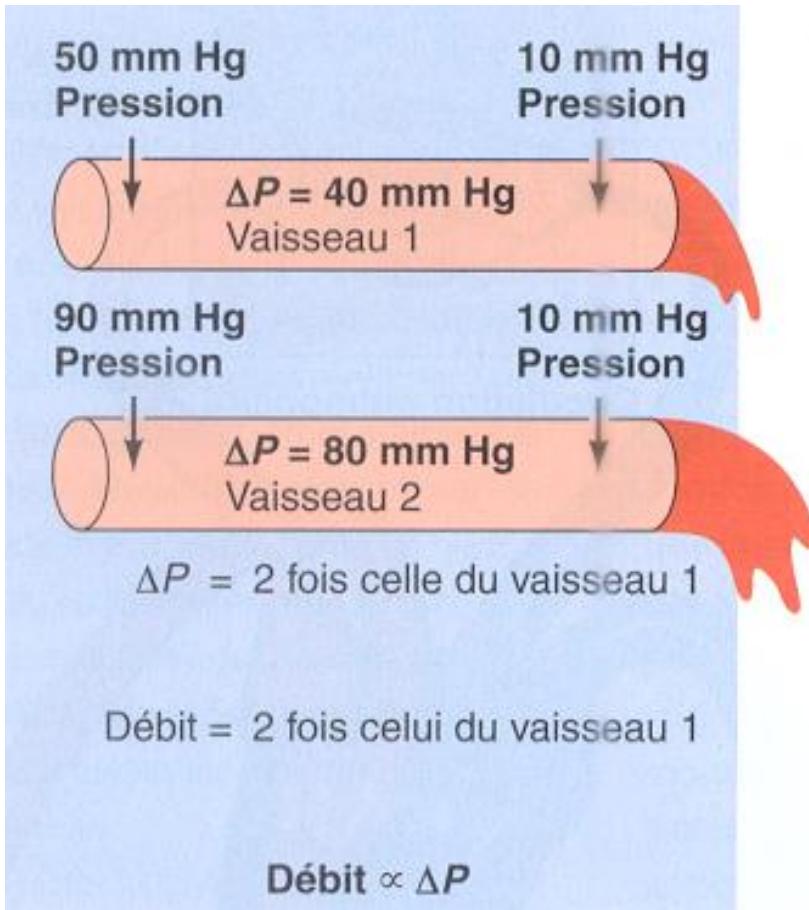
Le débit sanguin



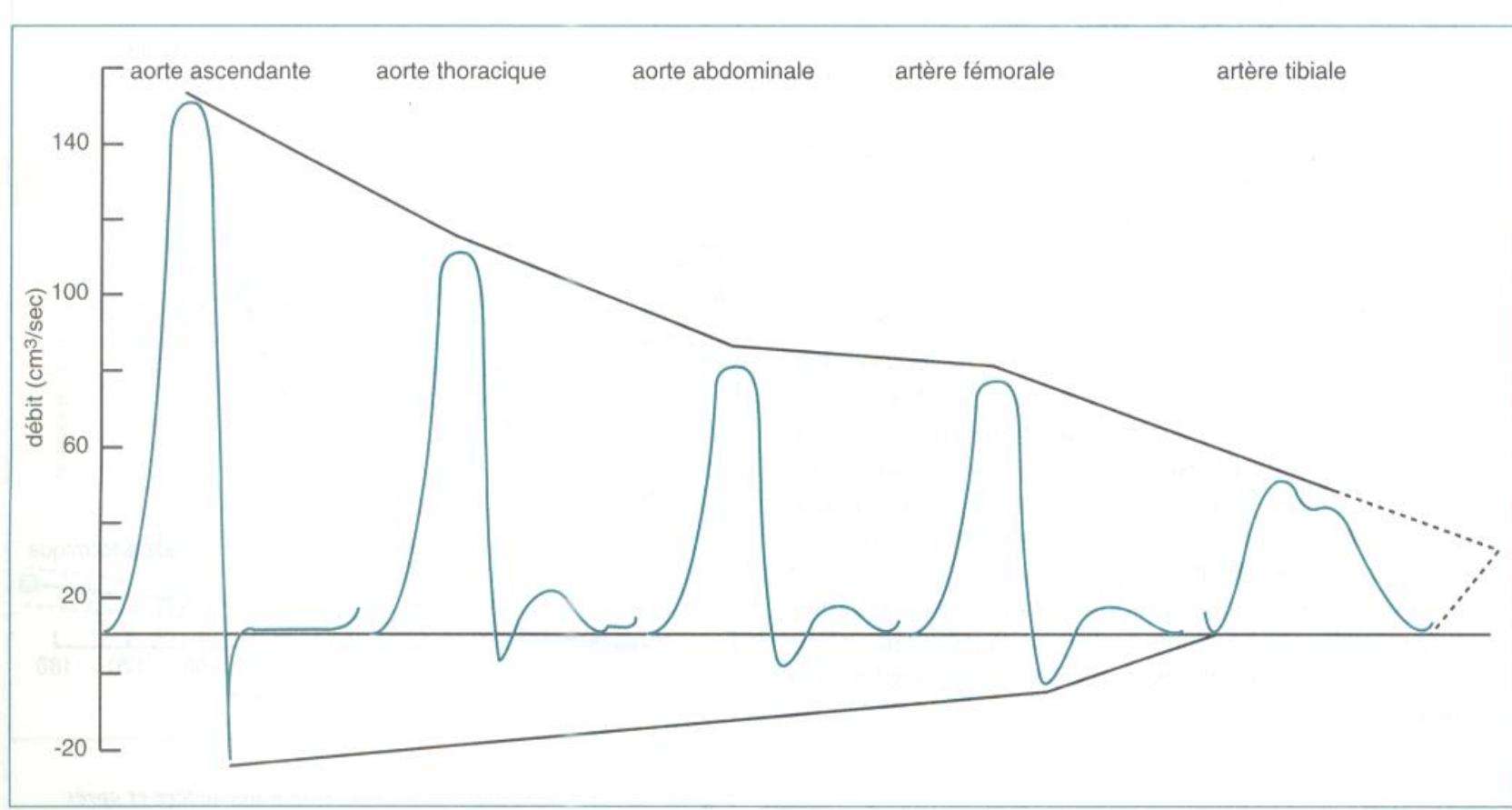
Les robinets représentent les artéries

Débit en fonction de la résistance à l'écoulement

Le débit sanguin



Le débit sanguin



Représentation schématique des modifications de la morphologie des ondes de débit sanguin entre l'aorte ascendante et les artères distales. On observe principalement une diminution de l'amplitude du pic systolique de débit. D'après O'Rourke, Safar, Dzau, 1983.

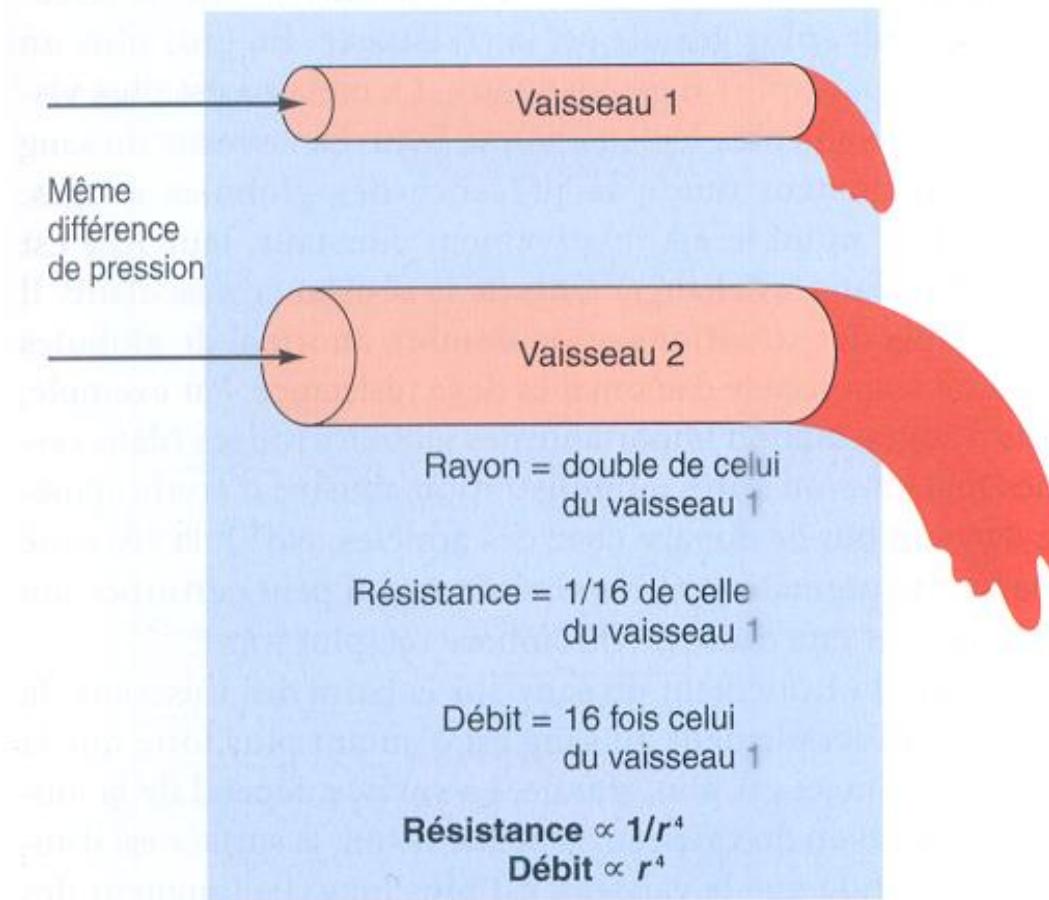
Les résistances vasculaires

- La Résistance :

Équation de Poiseuille :

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

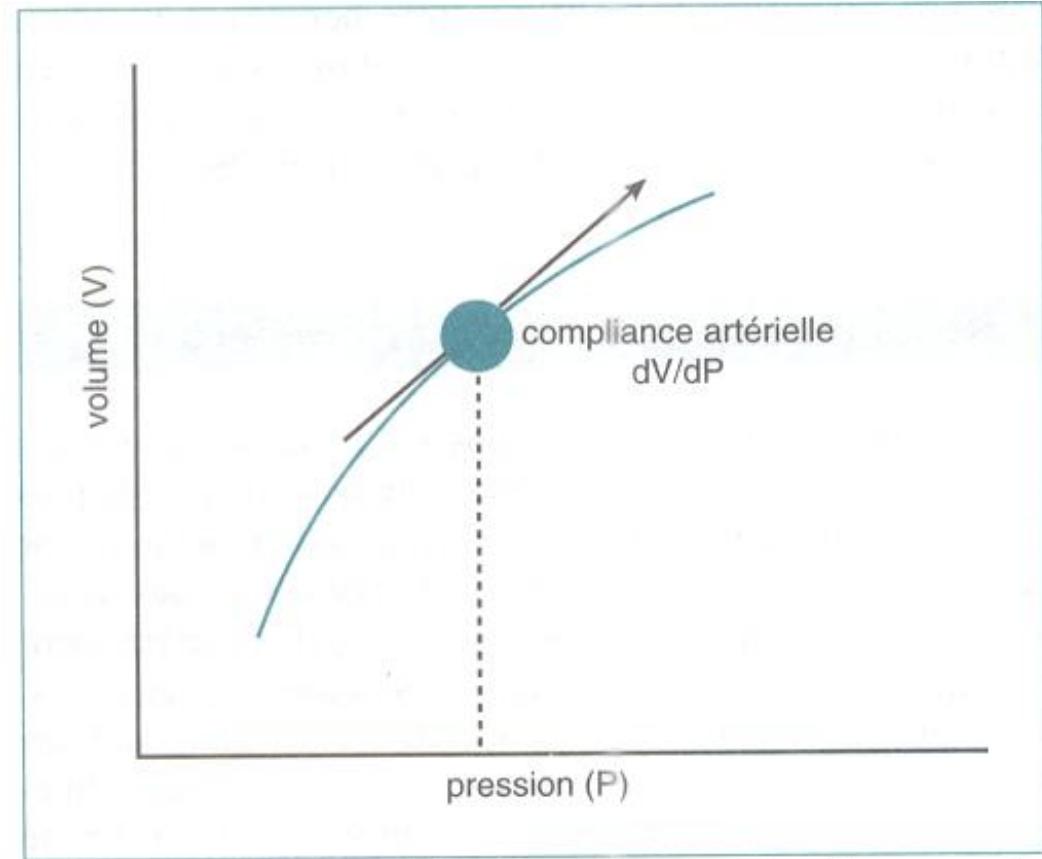
- R : Résistance
- η : viscosité du sang
- L : longueur
- r : rayon du vaisseau



La compliance des artères

La capacitance : compliance :

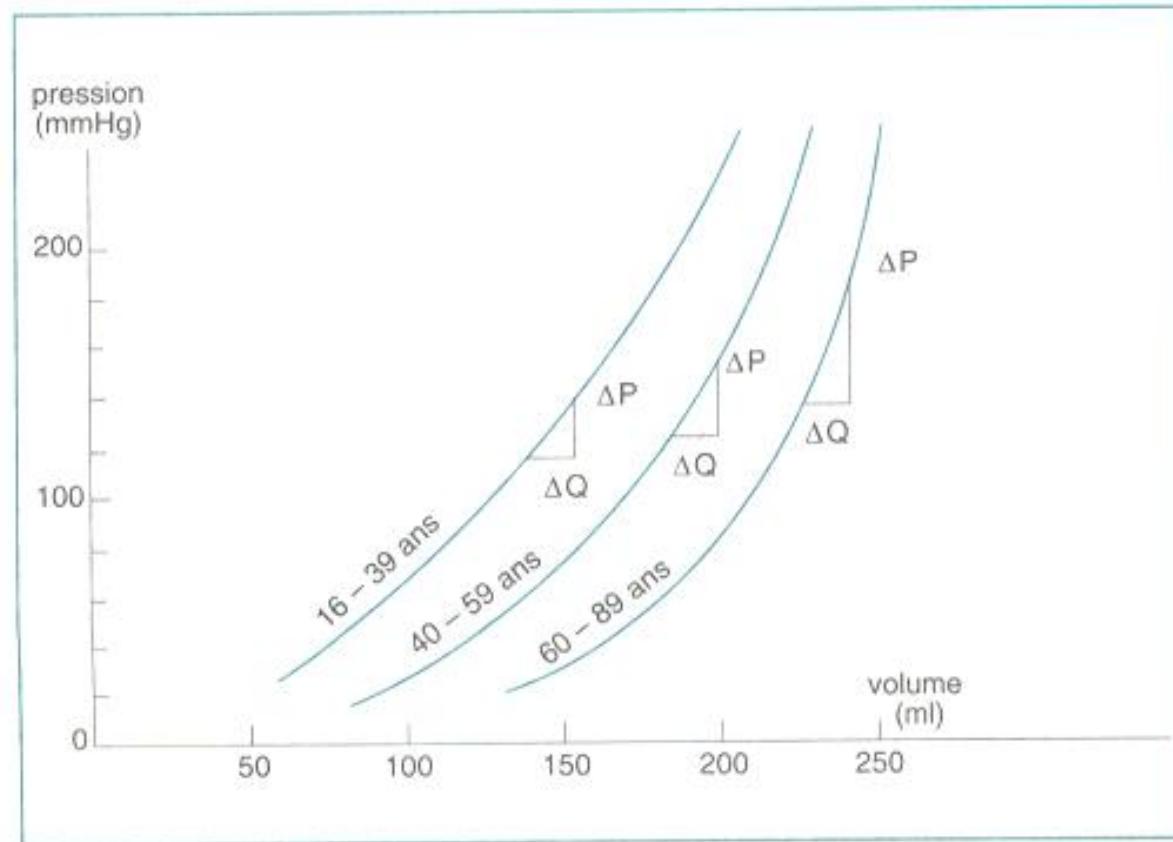
- Décrit la distensibilité des vaisseaux
- $C = V/P$
 - C : Capacitance : ml/mmHg
 - V : volume : ml
 - P : pression : mmHg
- La compliance des artères ↴ avec l'âge



Relation schématique volume-pression d'un segment artériel. La dérivée de cette relation non linéaire représente en chaque point la compliance de ce segment.

La compliance des artères

- La compliance des artères diminue avec l'âge

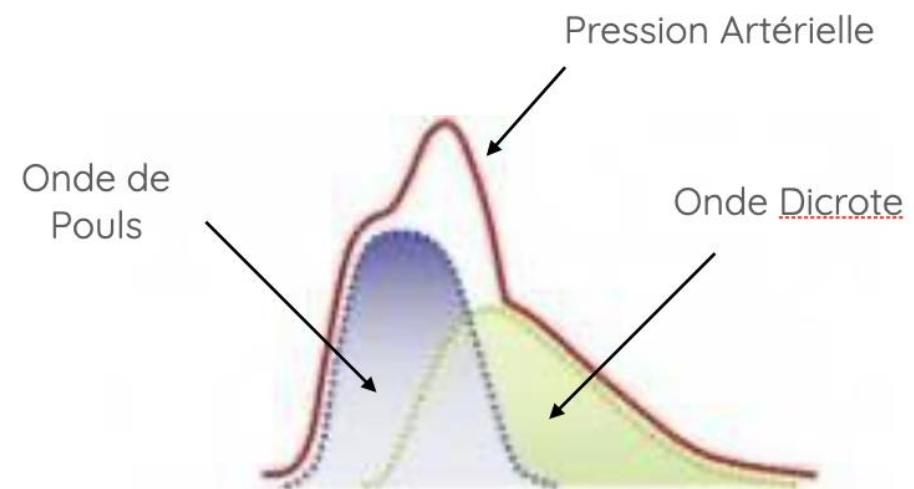
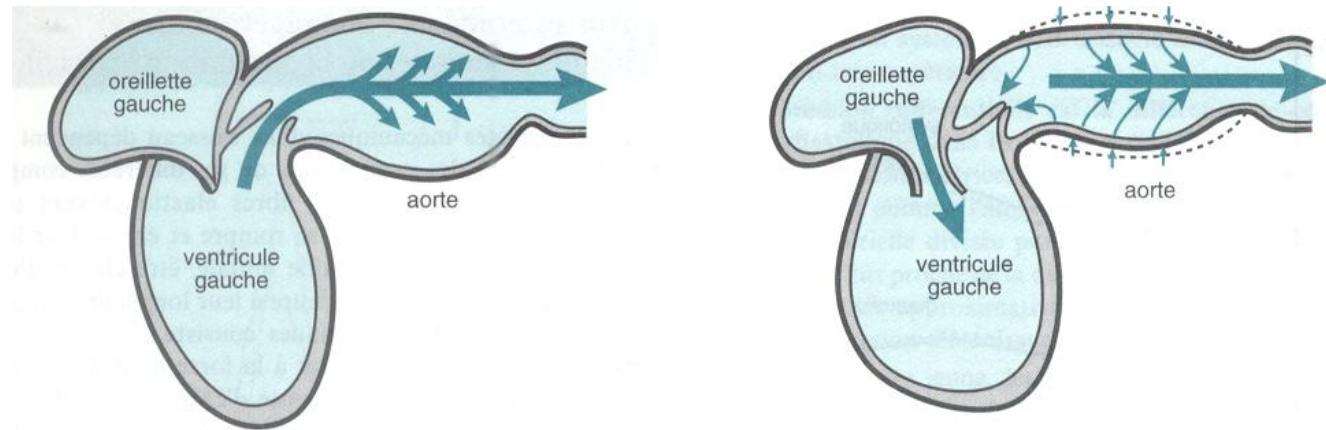


Relations pression-volume ($\Delta P/\Delta Q$: élastance dans le système artériel de l'adulte). Les trois courbes obtenues expérimentalement à différents âges ont des pentes différentes ; la plus forte pente correspond à la tranche d'âge la plus élevée : pour un même volume Q , la pression P augmente avec l'âge.

L'ONDE D'ÉJECTION

Lors de l'éjection ventriculaire :

- Arrivée dans l'aorte d'un certain volume de sang
- Distend brusquement ce vaisseau
- Propagation de la distension sous forme d'onde dans les parois artérielles
- Pouls artériel



pour déterminer la fréquence cardiaque

choc de pointe



Pouls radial



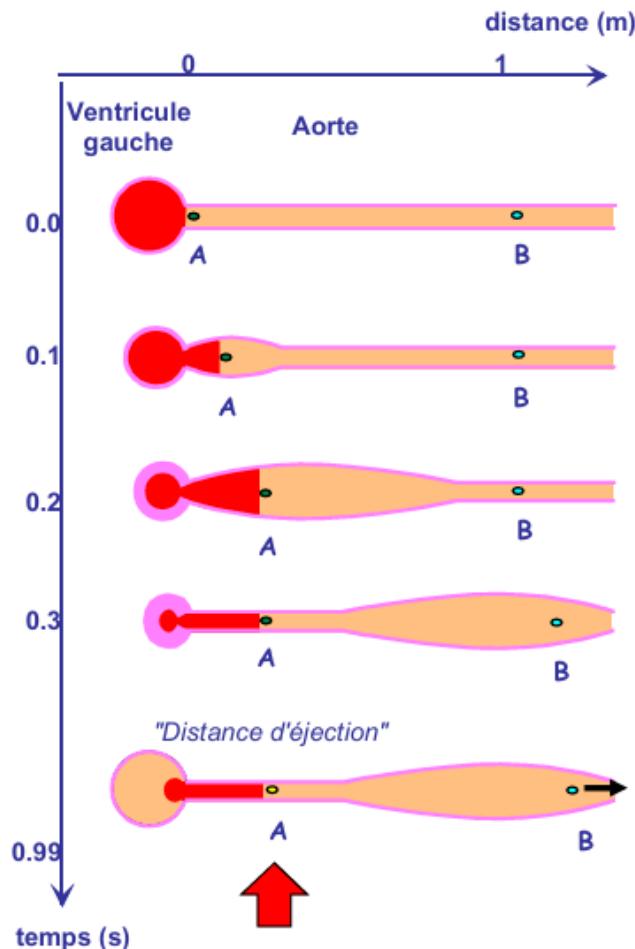
Pouls jugulaire



L'ONDE D'ÉJECTION

Le pouls artériel

- Phénomène purement pariétal
- Vitesse rapide :
 - 4 m/s : aorte
 - 10 m/s : A périphériques
- Pouls radial : contemporain au choc de pointe



Le flux sanguin

- Ecoulement de sang
- Vitesse plus faible :
 - 0.8-1.1 m/s : aorte : systole

L'ONDE D'ÉJECTION

Compression d'une artère →

- ↓ calibre → ↑ vitesse du flux sanguin
- ↓ vitesse de l'ondes déjection
- perception du pouls (radial)



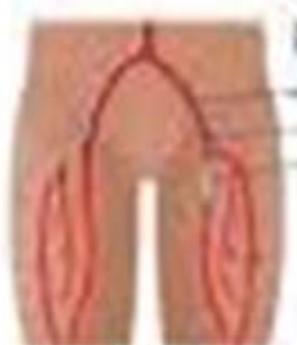
Palpation of arterial pulses



Radial



Brachial



Femoral



Popliteal



Dorsalis pedis

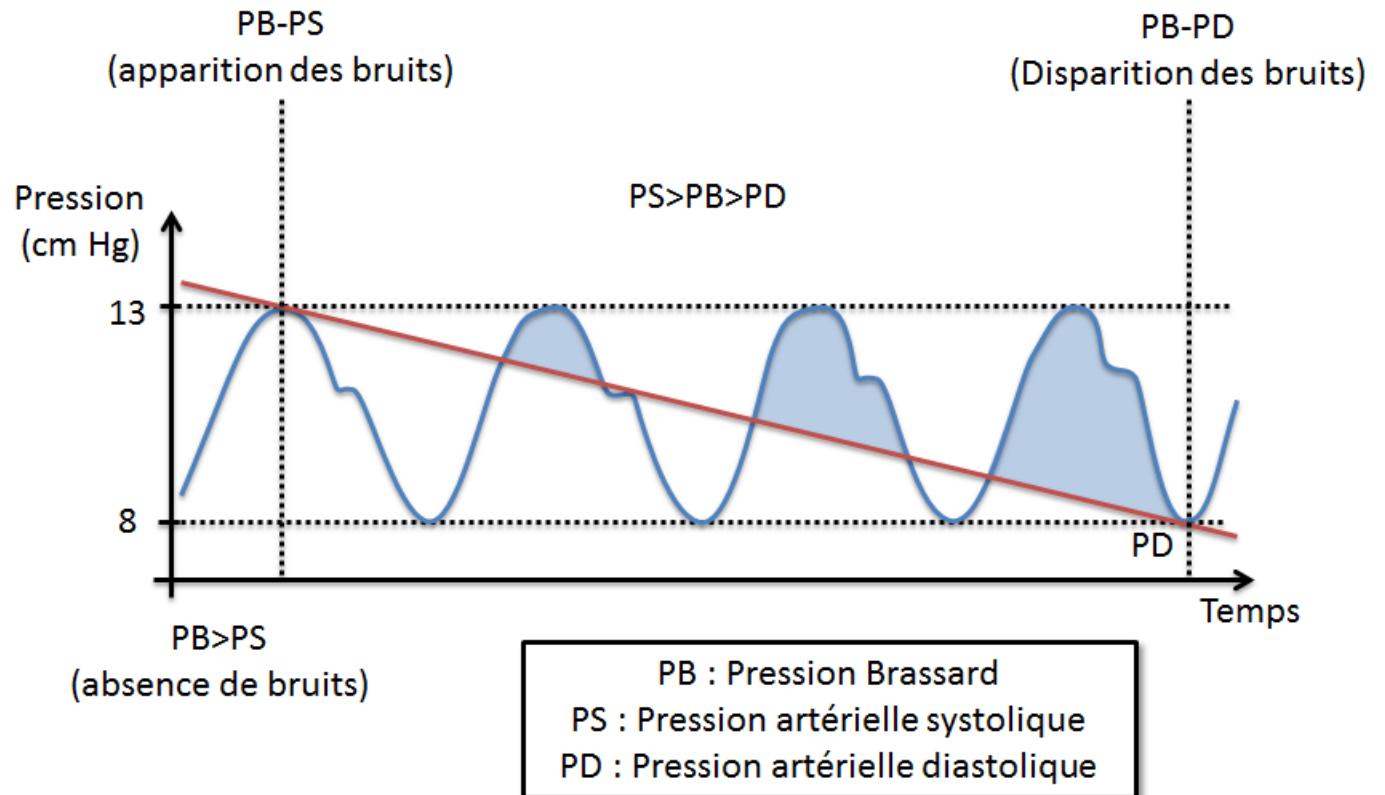


Posterior tibial

MESURE INDIRECTE DE LA PRESSION SANGUINE ARTÉRIELLE

Méthodes :

- Palpatoire
- Auscultatoire
- oscillométrique



Conditions de mesure de la PA :

- ✓ Être en position assise
- ✓ Avoir le dos appuyé
- ✓ Utiliser un brassard de taille appropriée au bras
- ✓ Dégager et soutenir le bras
- ✓ Placer le milieu du brassard à la hauteur du cœur
- ✓ Ne pas parler ni bouger avant et durant les mesures
- ✓ Décroiser les jambes
- ✓ Poser les pieds à plat au sol



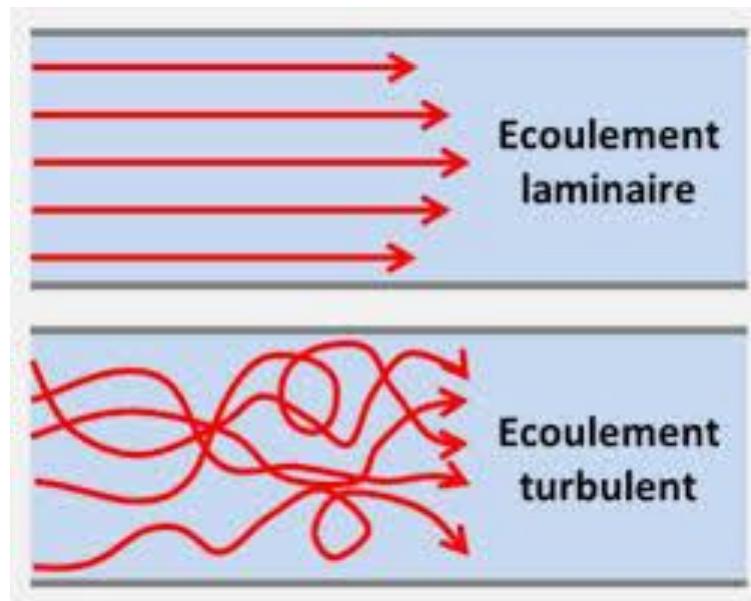
Méthode palpatoire

- Elle consiste à palper le pouls radial pendant que l'on gonfle et dégonfle rapidement un brassard, en notant la valeur au moment où le pouls réapparaît après avoir été complètement disparu.



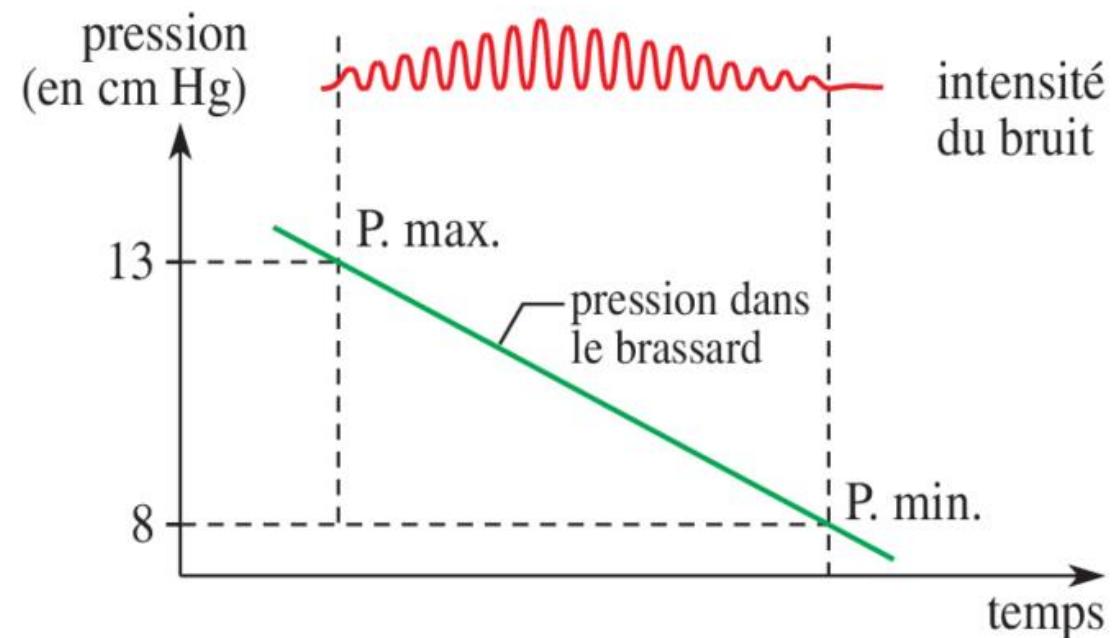
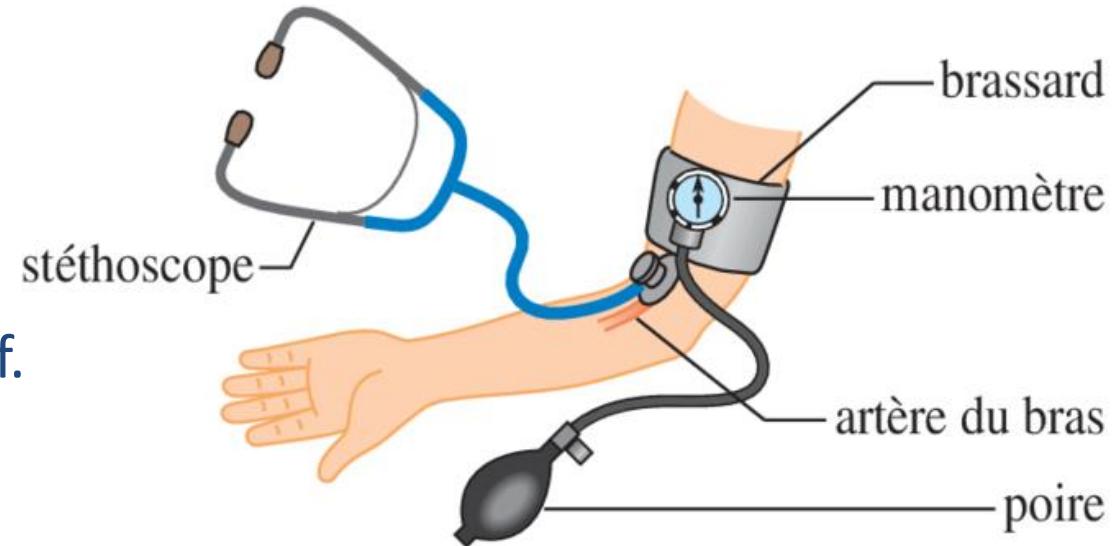
Méthode auscultatoire

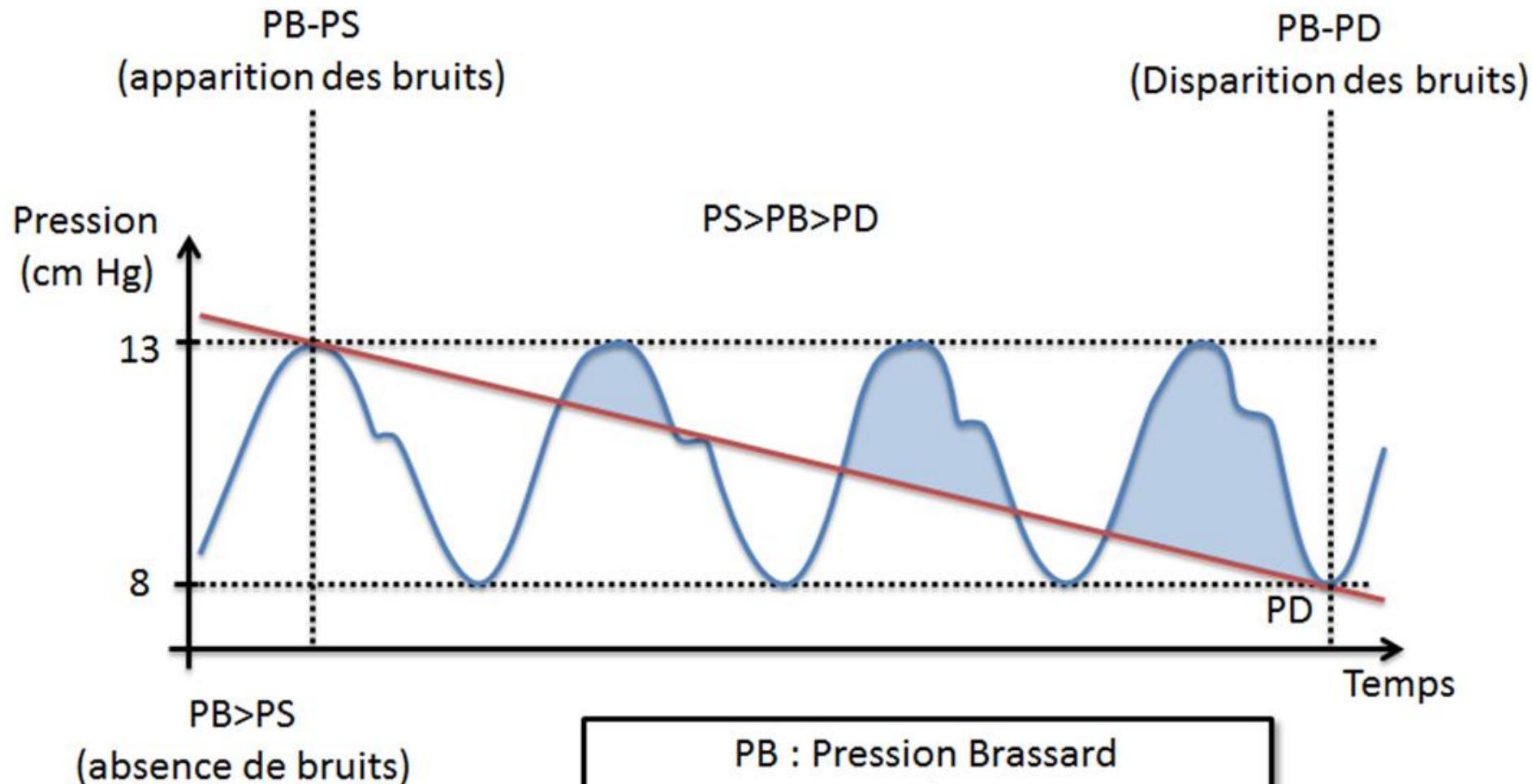
- Ecoulement sanguin normal dans les artères :
 - silencieux
- Compression artérielle
 - → ausculter les phénomènes vibratoires en aval



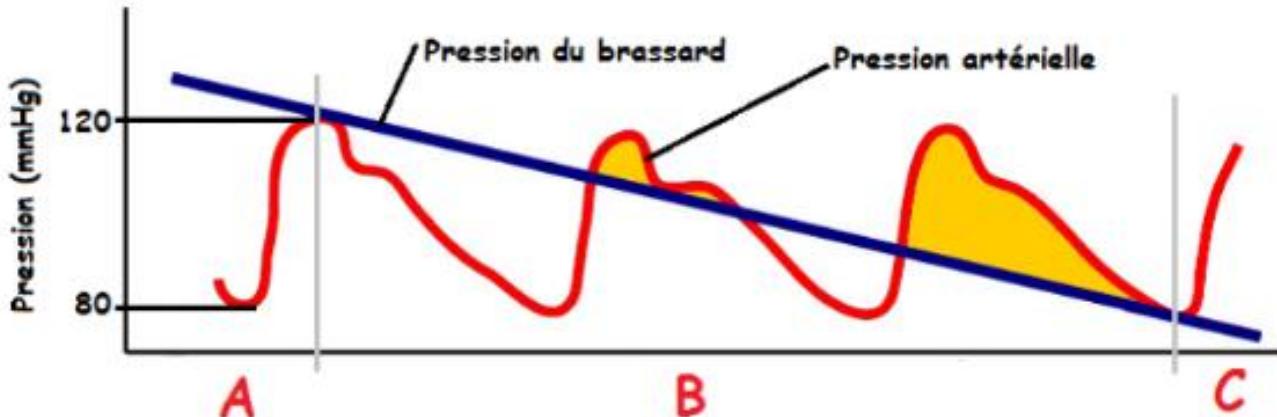
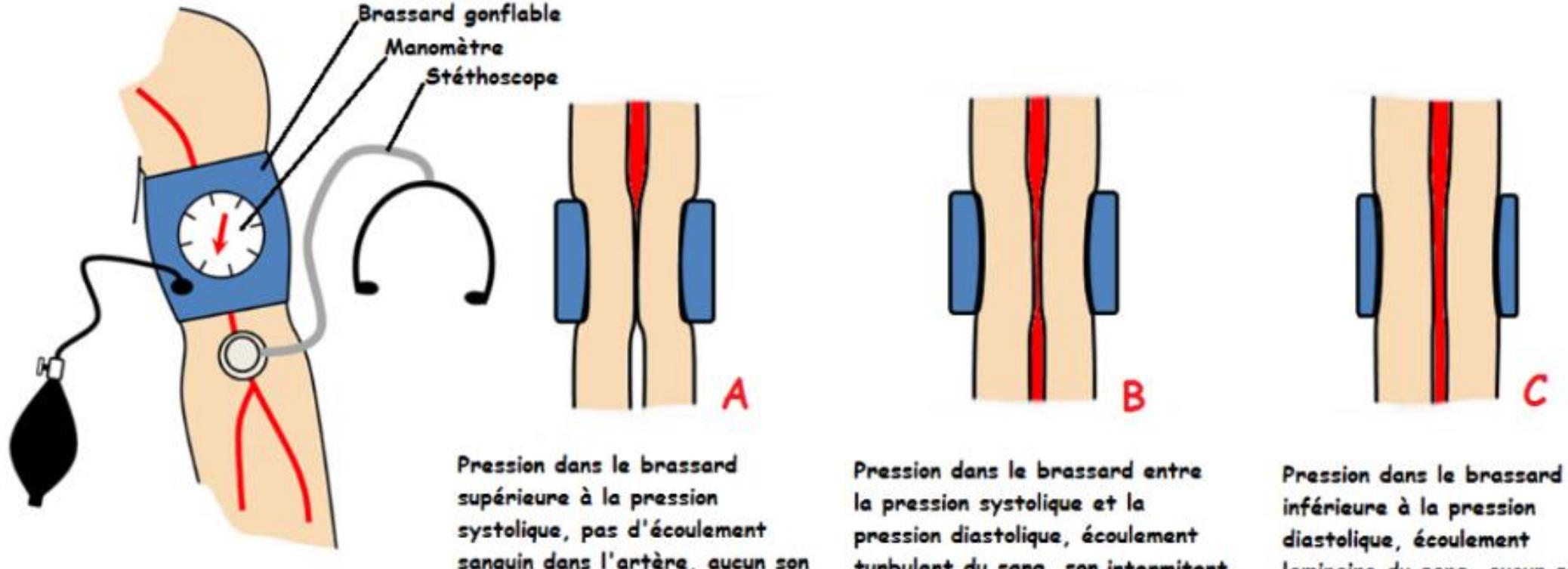
Méthode auscultatoire

- utiliser un brassard, un manomètre et un stéthoscope pour écouter les **bruits de Korotkoff**.
- Le brassard est gonflé pour bloquer l'artère humérale, puis il est dégonflé lentement.
- La pression systolique est la valeur lue lorsque les premiers bruits sont entendus,
- la pression diastolique est la valeur lue lorsque les bruits disparaissent.





PB : Pression Brassard
PS : Pression artérielle systolique
PD : Pression artérielle diastolique



Principe de mesure de la pression artérielle par sphygmomanométrie

Méthode oscillométrique

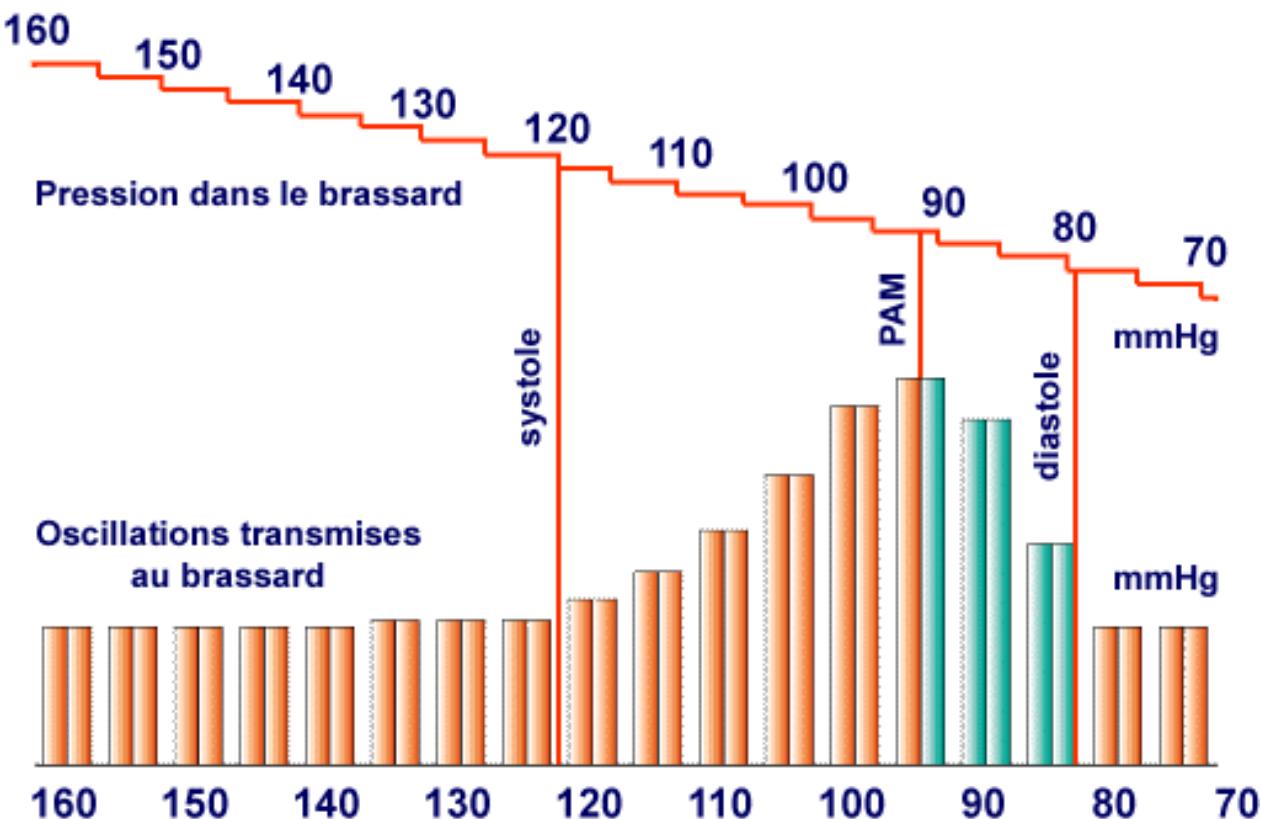
- Un brassard est placé autour du bras et est gonflé.
- Le brassard se dégonfle lentement.
- L'appareil enregistre les oscillations du brassard causées par le passage de l'onde de pouls dans l'artère brachiale.





Méthode oscillométrique

- L'amplitude de ces oscillations augmente jusqu'à atteindre un pic, qui correspond à la pression artérielle moyenne (PAM).
- Un algorithme, basé sur la forme de l'oscillogramme, calcule ensuite la pression artérielle systolique (PAS) et diastolique (PAD) à partir de la PAM.



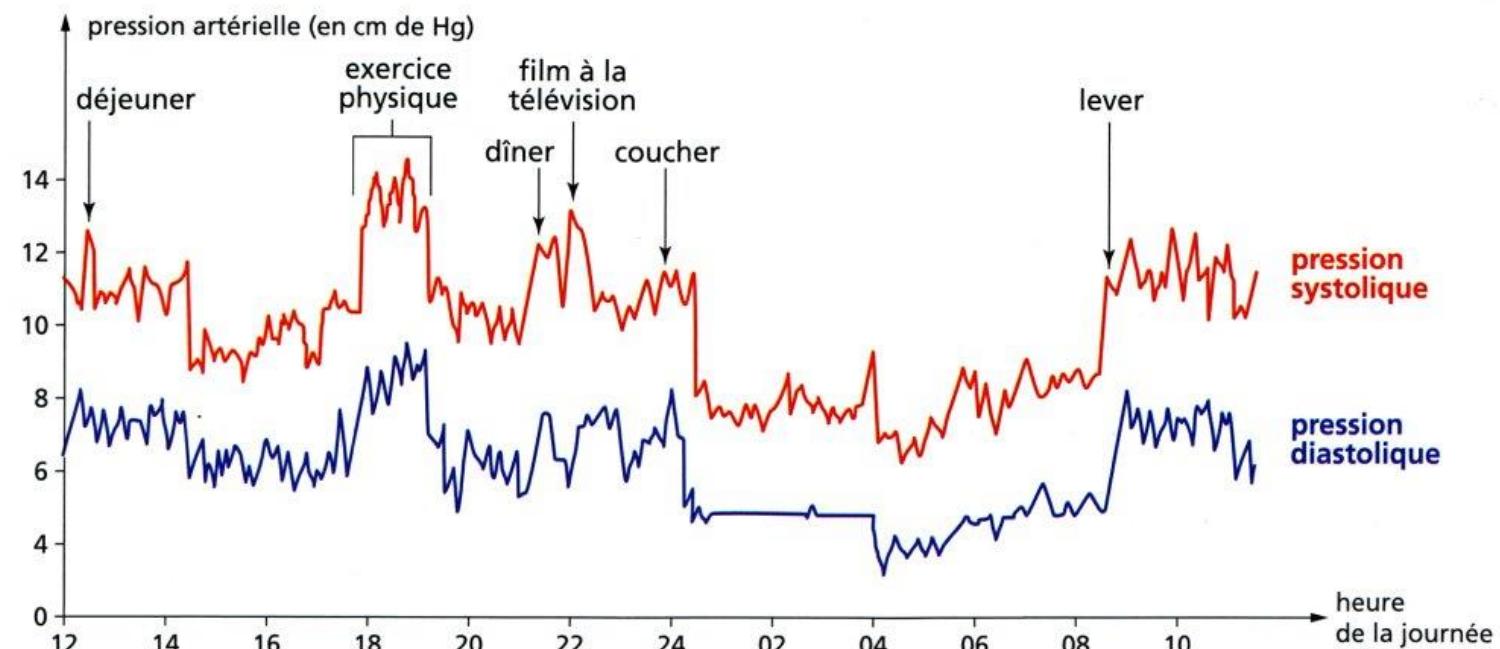
VARIABILITÉ DE LA PRESSION SANGUINE

- Variations nycthémérales
- Variations avec l'âge
- Autres variations

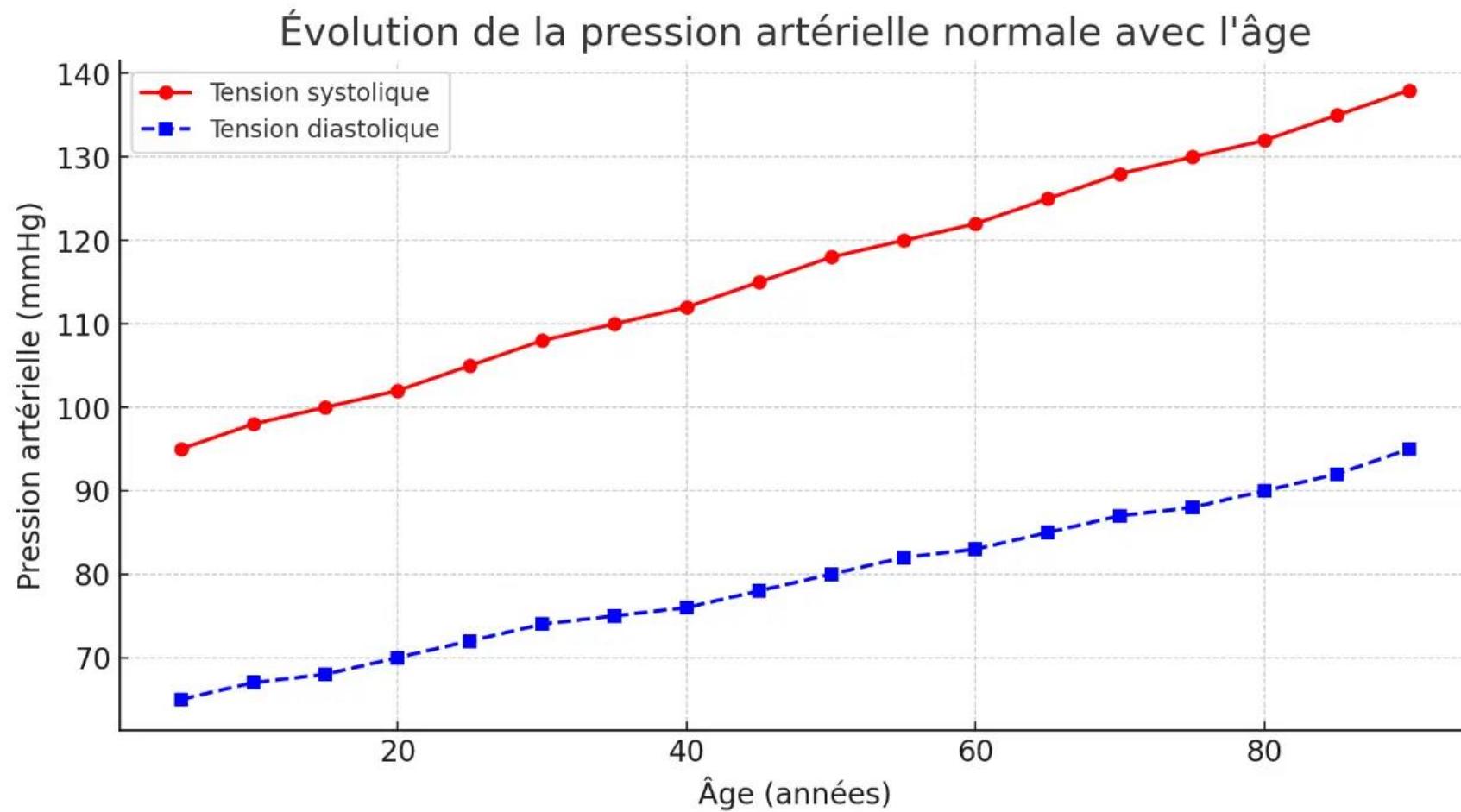
Variations nycthémérales de la PA



- Déetectées par : Holter tensionnel
- PA : Si rythme veille – sommeil : normal :
 - Milieu de la nuit : valeur la plus basse
 - Avant le réveil : ↗
 - Fin d'après midi : valeur maximale
 - Périodes post-prandiales : ↗ légère



Variations avec l'âge



Autres variations

- Orthostatisme
- Contraintes psycho-sensorielles
- Activité physique

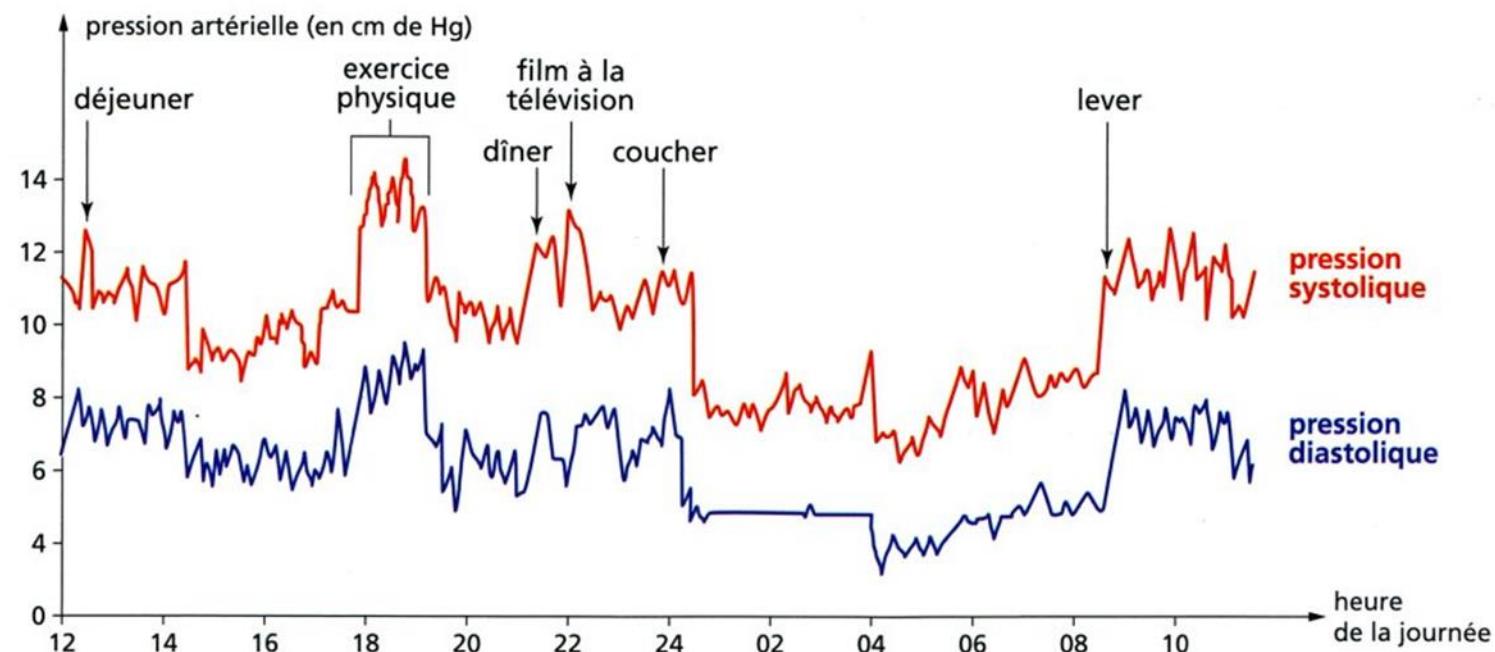


Tableau 1. Classification des seuils de tension artérielle comme mesurée en cabinet de consultation et gradation de l'hypertension^a

Catégorie	Systolique (mmHg)		Diastolique (mmHg)
Optimale	< 120	et	< 80
Normale	120-129	et/ou	80-84
Normale-haute	130-139	et/ou	85-89
Hypertension de grade 1	140-159	et/ou	90-99
Hypertension de grade 2	160-179	et/ou	100-109
Hypertension de grade 3	≥ 180	et/ou	≥ 110
Hypertension systolique isolée ^b	≥ 140	et	< 90

Tableau 2. Définitions des grades de l'hypertension comme mesurés au cabinet de consultation, en ambulatoire (ambulatory BP) et au domicile (Home BP mean)¹

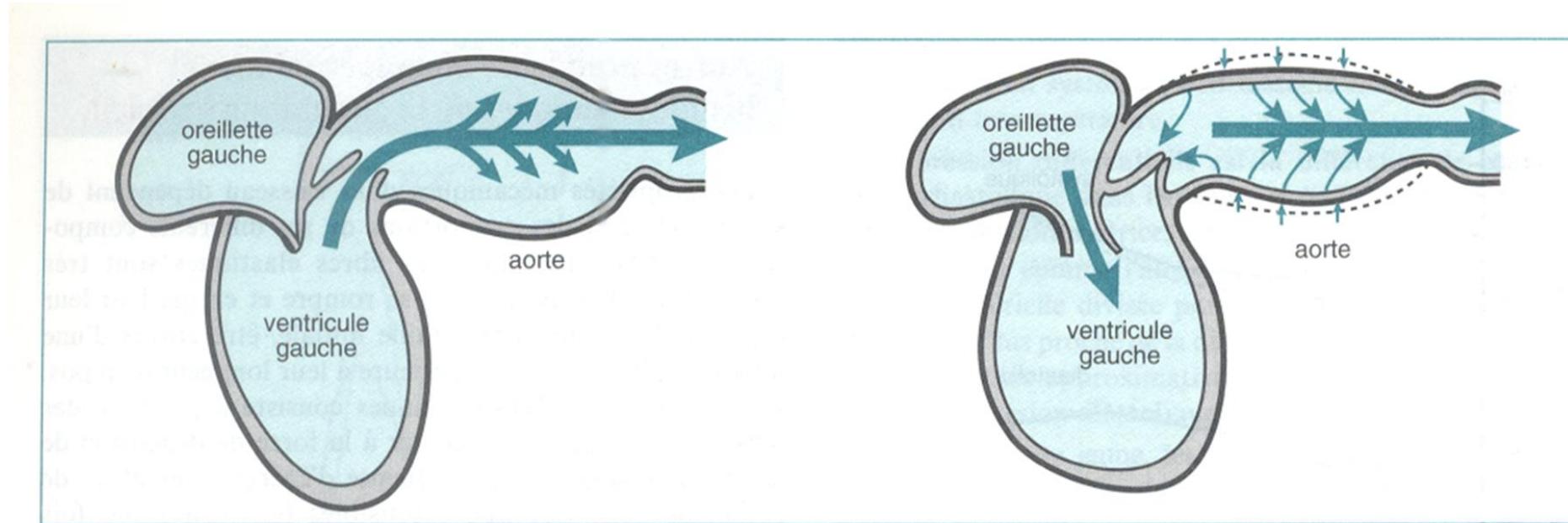
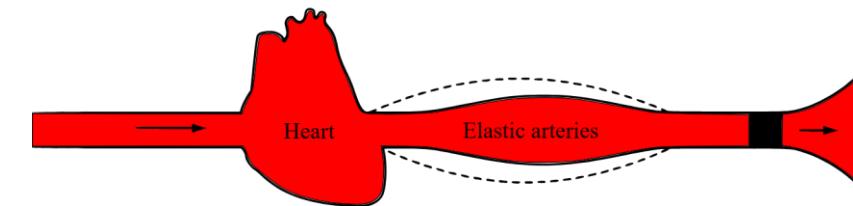
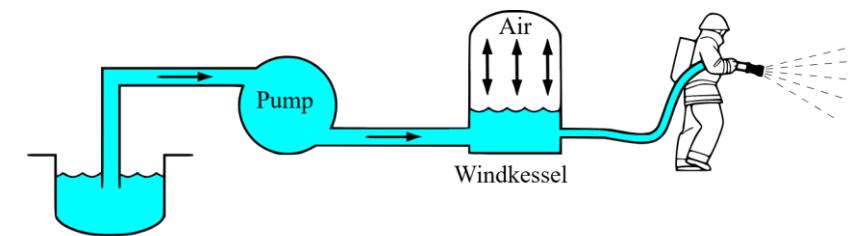
Catégorie	TAS (mmHg)		TAD (mmHg)
TA en consultation ^a	≥ 140	et/ou	≥ 90
TA ambulatoire			
Diurne (ou sujet éveillé), moyenne	≥ 135	et/ou	≥ 85
Nocturne (ou sujet endormi), moyenne	≥ 120	et/ou	≥ 70
Moyenne sur 24 h	≥ 130	et/ou	≥ 80
TA à domicile, moyenne	≥ 135	et/ou	≥ 85

^a TA en consultation conventionnelle plutôt que mesure de la TA non médicalisée.

RÔLES DE LA CIRCULATION ARTÉRIELLE

- Transport du sang et effet Windkessel
- Distribution sélective du sang

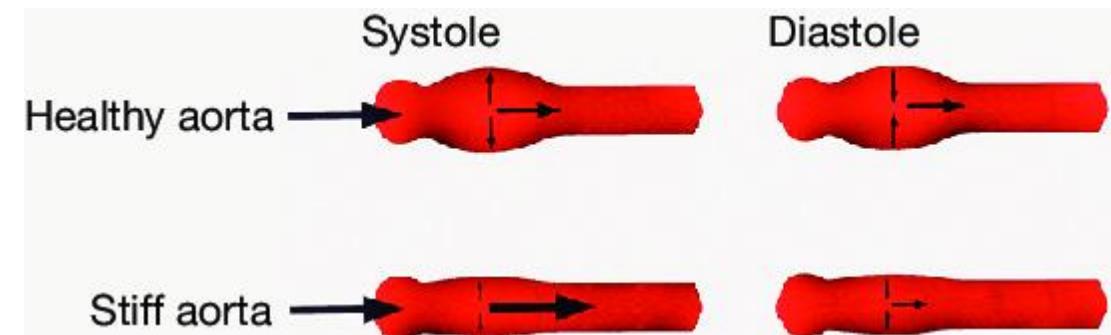
effet Windkessel



Environ 50 % du volume d'éjection systolique ventriculaire gauche est stocké dans les artères compliantes pendant la systole. Le volume sanguin stocké par les artères compliantes s'écoule vers la périphérie pendant la diastole.

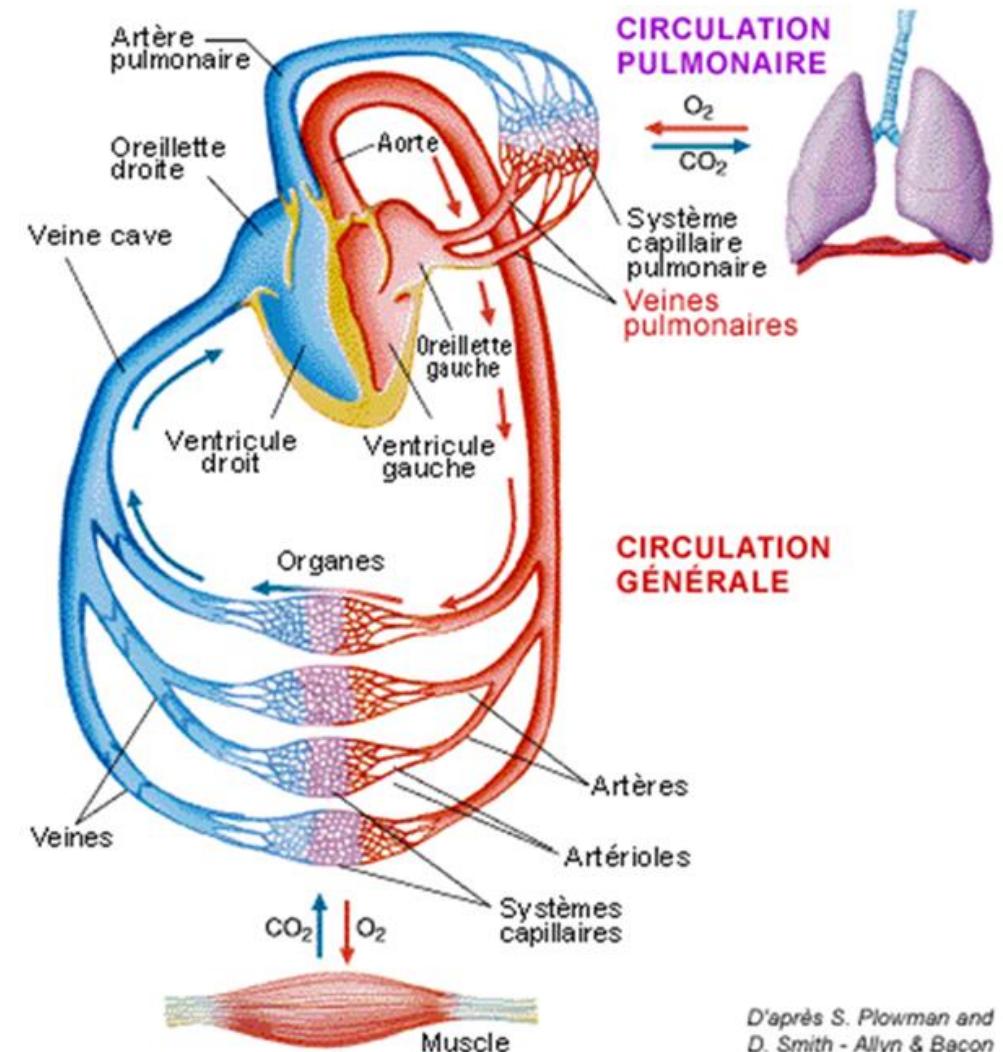
Transport du sang

- Au niveau des grosses artères
- Sous pression élevée
- Sans perte de charge notable

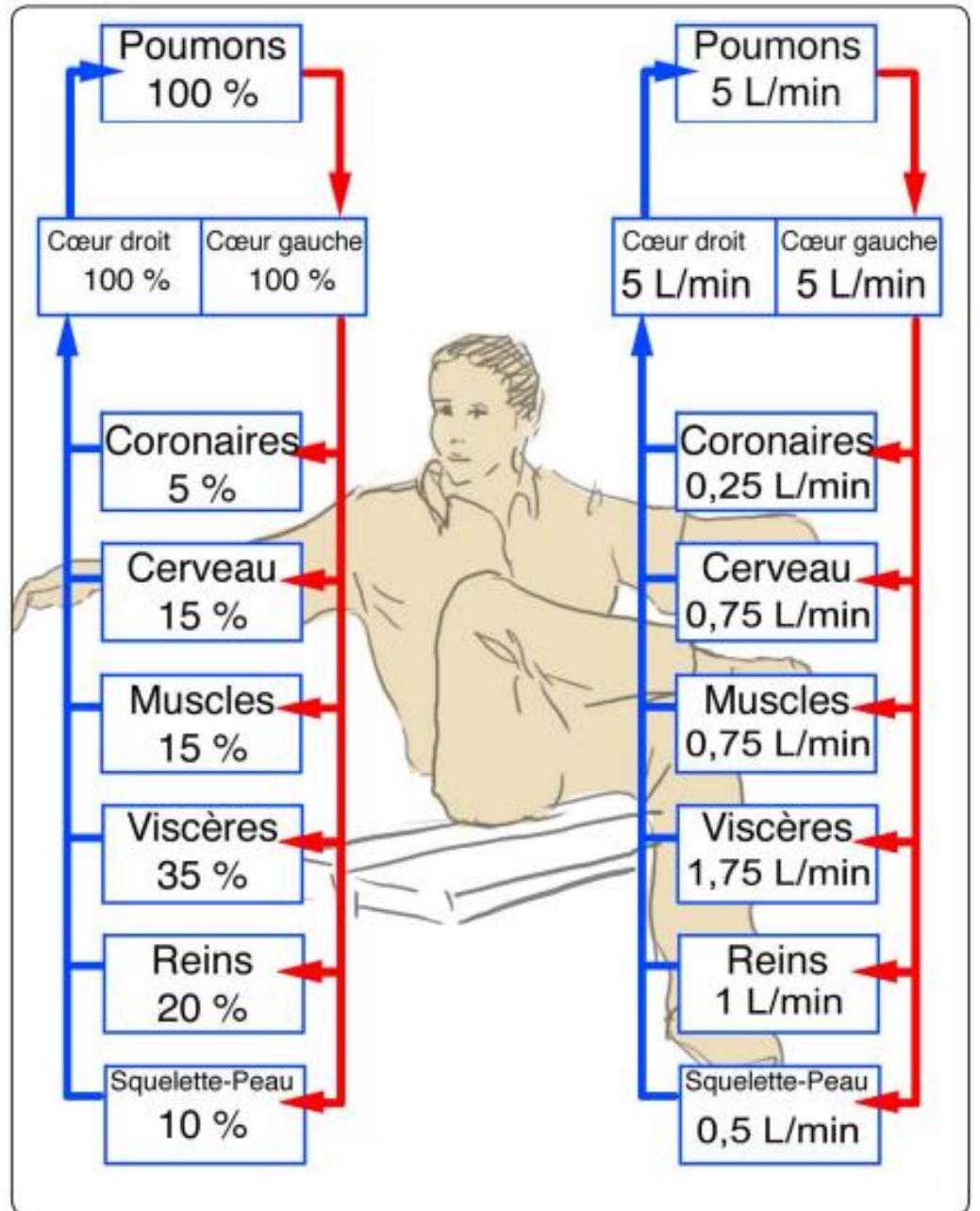


Distribution sélective du sang

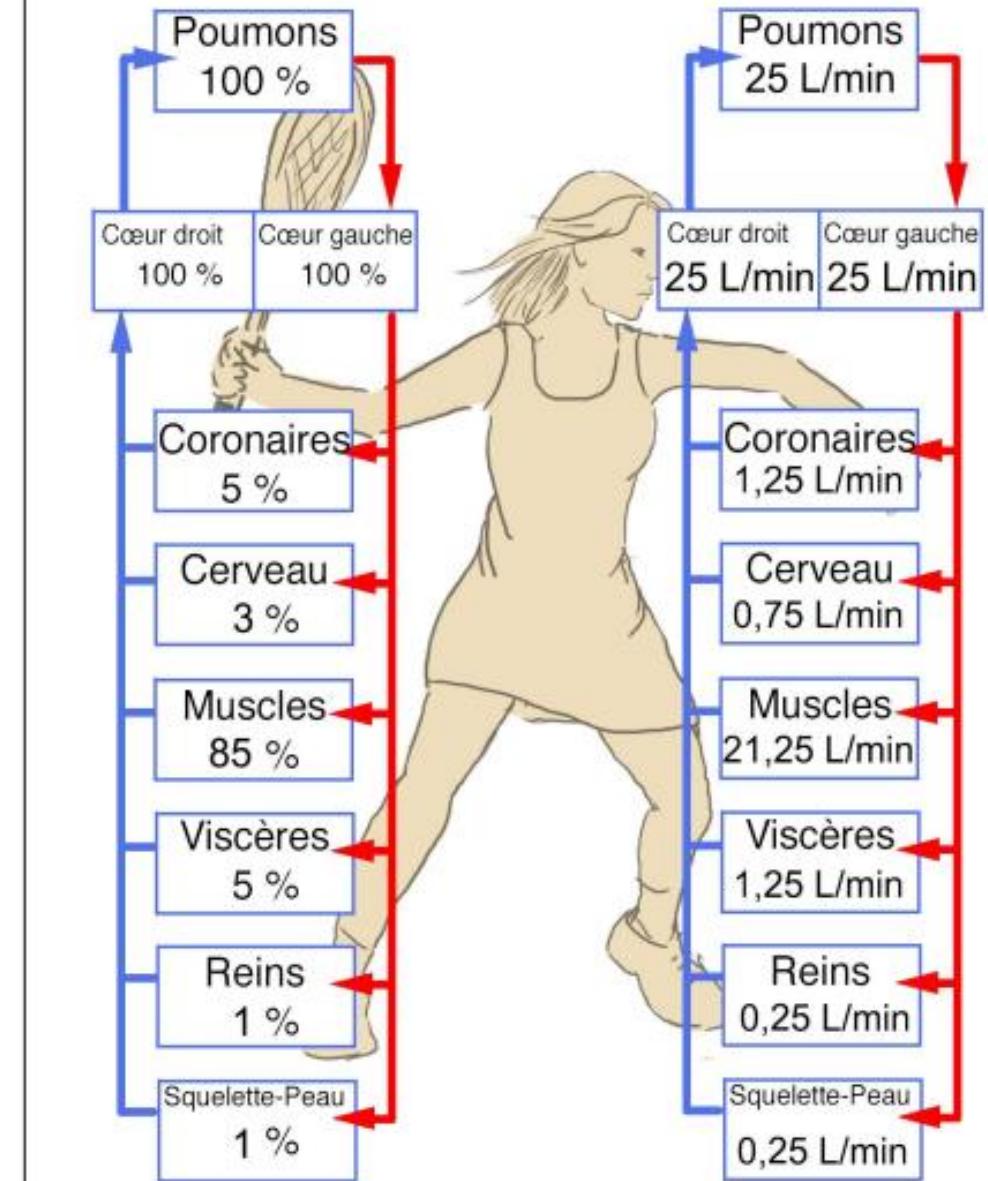
- Petites artères, artéries, sphincters pré-capillaires
- Apporter aux organes les nutriments et l'oxygène nécessaires
- Echanges sang-tissus
- Besoins : varient en fonction :
 - Des organes
 - Du temps



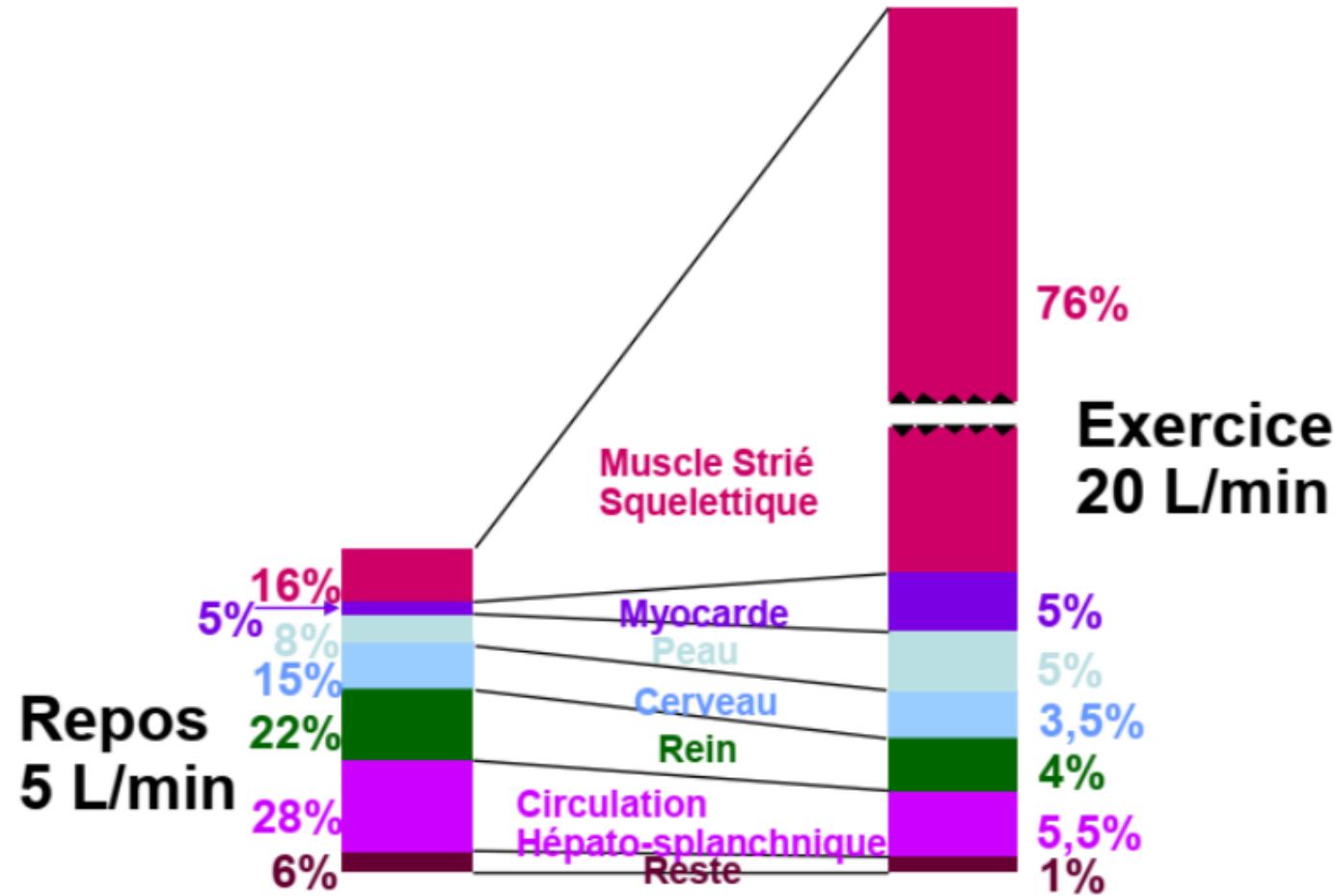
Répartition des débits au repos



Répartition des débits en activité



Répartition du débit cardiaque



Merci

