



Physiologie Cardiovasculaire



PR. HÉLÈNE THIBAUT

**EXPLORATIONS FONCTIONNELLES
CARDIOVASCULAIRES**

HÔPITAL LOUIS PRADEL, LYON

PLAN

2

INTRODUCTION

Organisation générale de la circulation
Bases anatomique et histologique du cœur
Innervation cardiovasculaire

CIRCULATION

1. Généralités
2. Différenciation fonctionnelle des vaisseaux
3. Caractéristiques générales de la circulation systémique

COEUR

1. Activation rythmique de la contraction
2. Couplage excitation/ contraction
3. Hémodynamique intra- cardiaque/ le cycle cardiaque
4. Hémodynamique intra- cardiaque/ facteurs déterminants de la performance cardiaque



LA CIRCULATION SYSTEMIQUE



1-INTRODUCTION

2-LE SYSTÈME A HAUTE PRESSION

3-LE SYSTÈME A BASSE PRESSION

Introduction

4

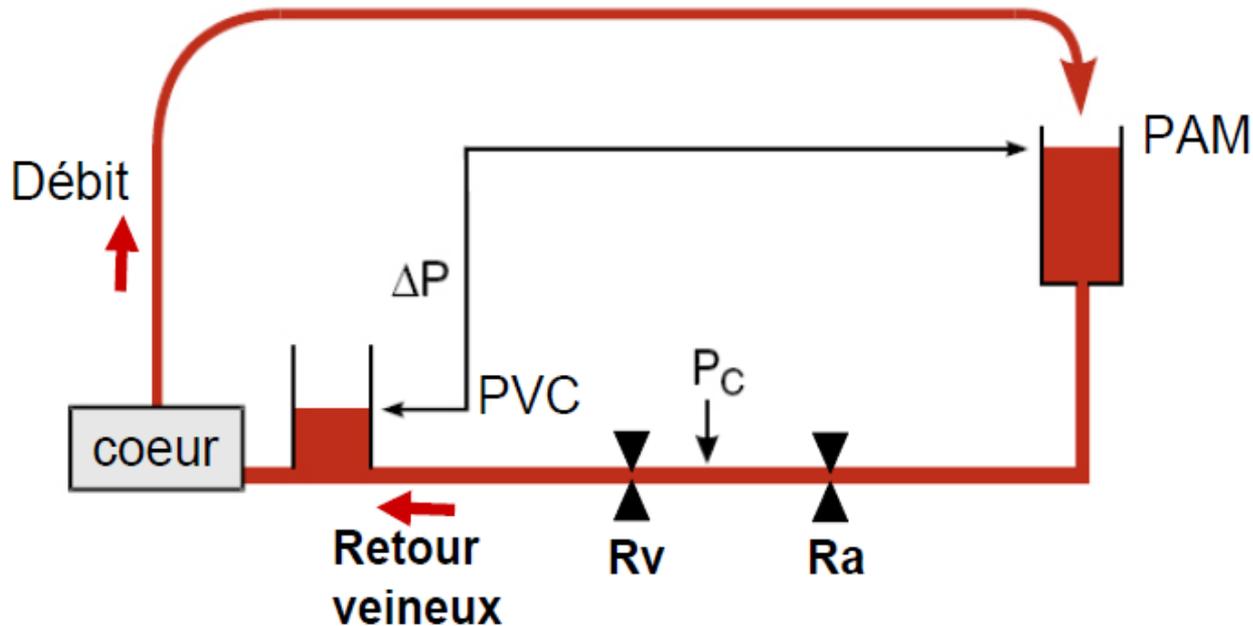
Schématiquement: la **circulation systémique** est répartie en:

- Un **système de conduction**: l'aorte et les artères de gros calibre
- Un **système de distribution, à résistance variable**: surtout les artérioles
- Un **système d'échanges** formé par les capillaires
- Un **système collecteur**: les veines

Introduction

La circulation systémique

5



PAM: pression artérielle moyenne

PVC: pression veineuse centrale

Pc: pression capillaire

Ra: résistance artériolaire

Klabunde R. E. Cardiovascular physiology concepts - 2005 Lippincott Williams & Wilkins

LA CIRCULATION SYSTEMIQUE



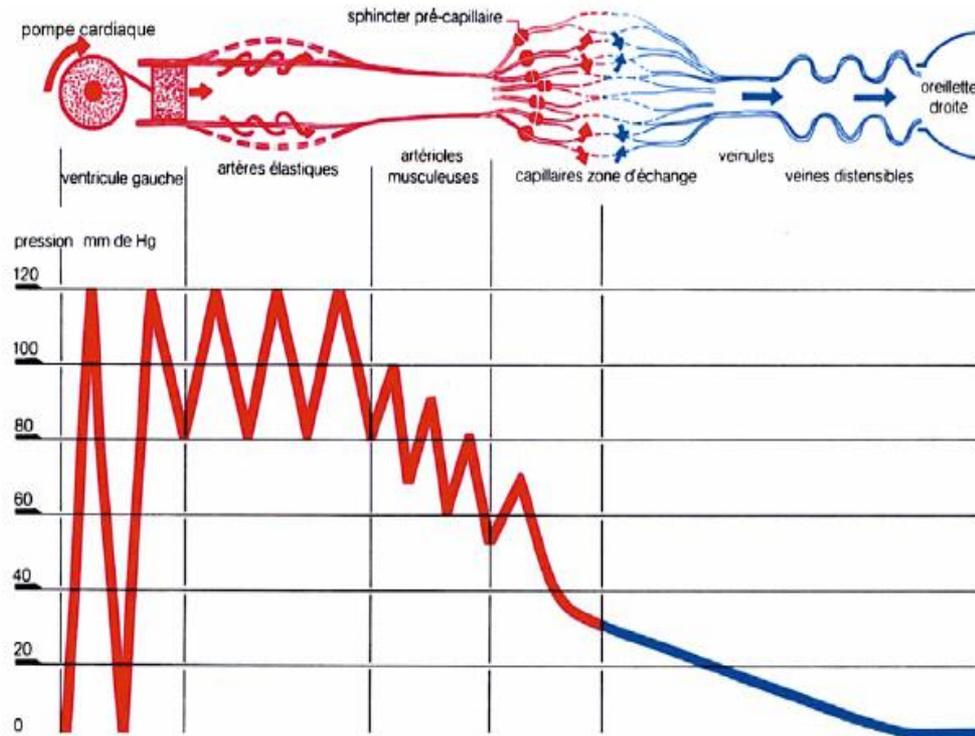
1-INTRODUCTION

2-LE SYSTÈME A HAUTE PRESSION

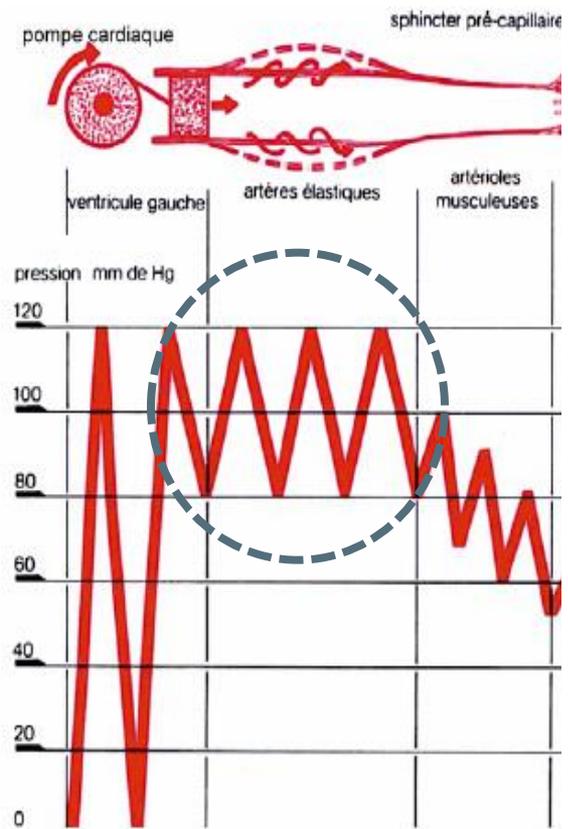
3-LE SYSTÈME A BASSE PRESSION

Caractéristiques générales du système à haute pression

7



Pression Artérielle



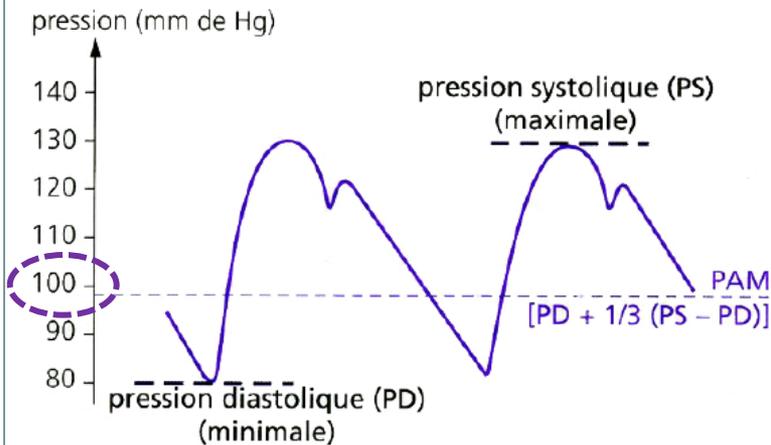
Pression artérielle systémique

➤ Fortement pulsatile

➤ Artères élastiques (gros calibre)
-Éirement passif à chaque contraction cardiaque
-La paroi élastique est « dilatée » par l'onde de pression systolique, le « sang » est « restitué » pendant la diastole

Pression Arterielle

Variation cyclique de la pression (mesure invasive)



PA systolique : pression maximale constaté pendant le temps d'éjection ventriculaire

PA diastolique : pression minimale, existant dans les artères pendant la diastole (entre 2 contractions cardiaques)

Pression pulsée = $PA_s - PA_d$

PA moyenne : valeur théorique si le flux était continu

PAM = Pression Diastolique + (Pression pulsée) / 3

Pouls



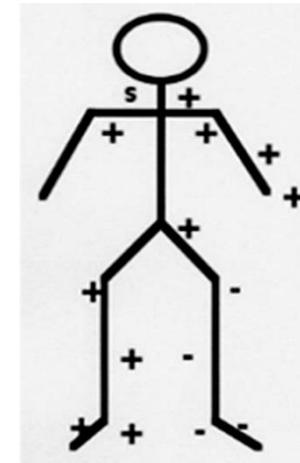
➤ La **propagation de l'onde de pression artérielle** va générer une vibration artérielle => **pouls**

➤ Peut-être palper sur artères superficielles

➤ **Renseigne sur:**

- le niveau de pression
- la fréquence cardiaque
- le rythme régulier ou non du cœur
- la perméabilité en amont de l'artère palpée

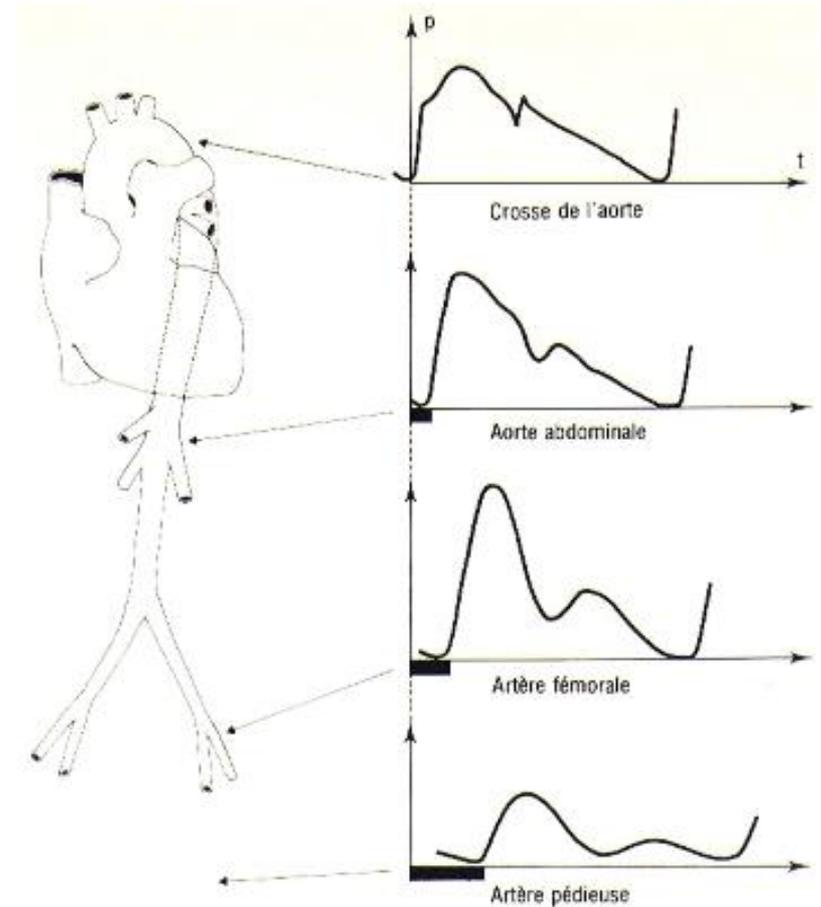
Palpation pouls pédieux



Pouls



- L'onde de la PA s'**amortit** en s'éloignant du cœur
- Il est possible de mesurer de façon non invasive la **vitesse de propagation** de l'onde de PA.
- Celle-ci augmente avec la **rigidité artérielle**



Propagation de l'onde de PA

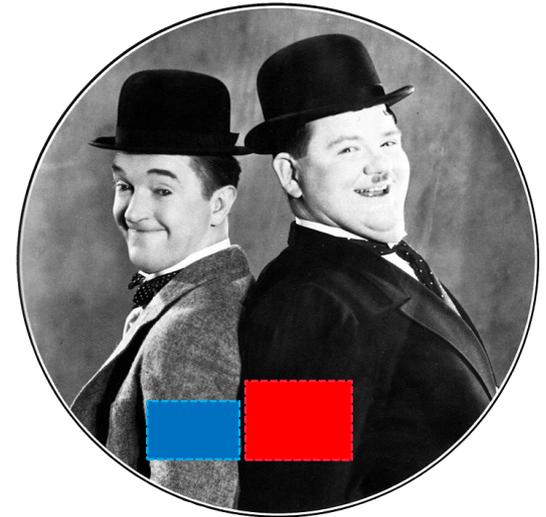
Pression Artérielle

Conditions de mesure

La PA se mesure sur n'importe quelle artère de gros calibre;
Unité de mesure: millimètre de mercure (mmHg)

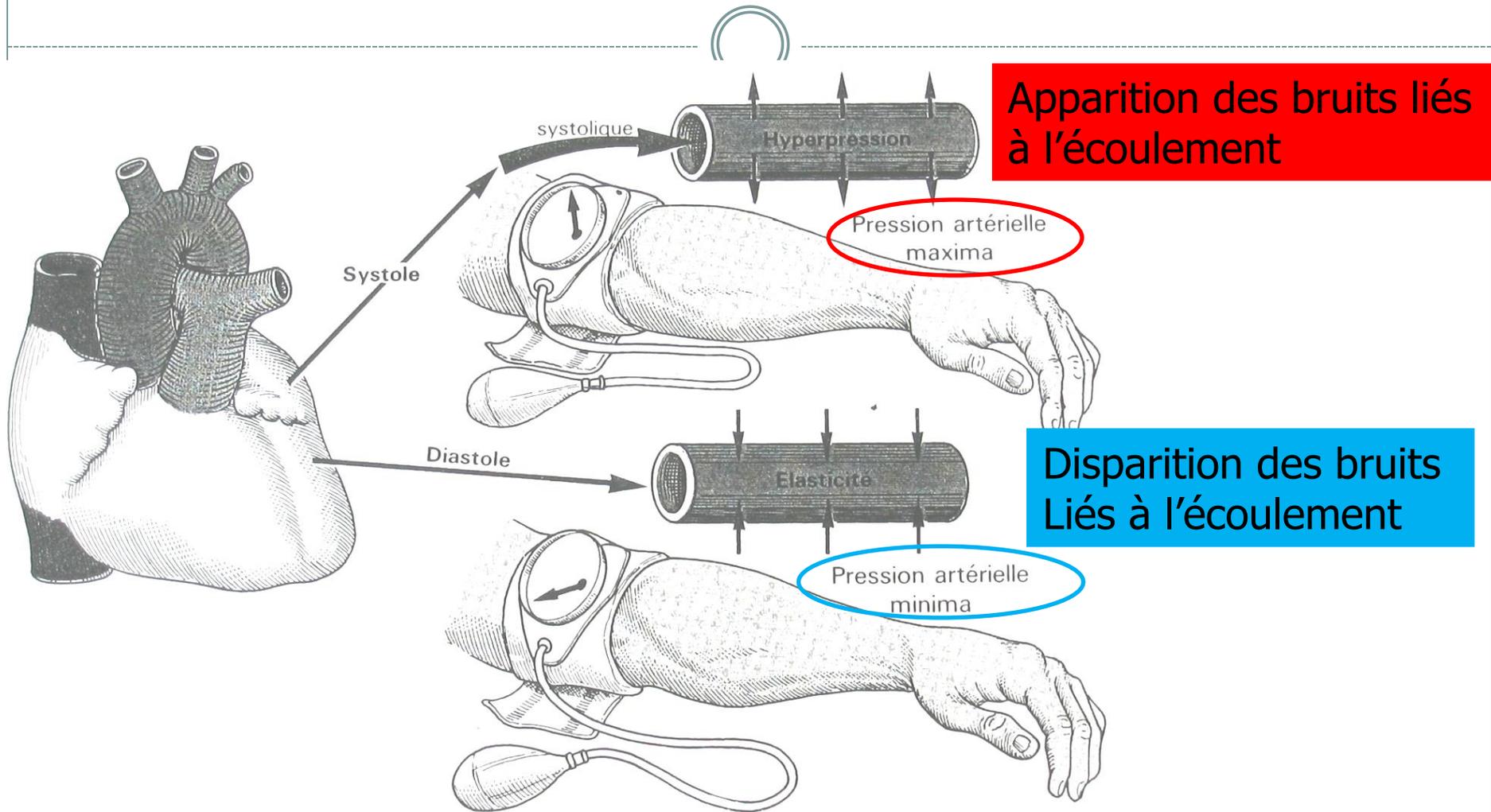
Technique IRREPROCHABLE!

- Étalonnage du manomètre
- Brassard adapté à la taille du bras
- Position du patient, repos depuis >5 min
- Inflation rapide / Dégonflement lent et régulier
- Mesure au stéthoscope / mesure au pouls
- Mesure automatisée



NB: mesure invasive également possible

Pression Artérielle



Bruits liés à l'écoulement turbulent du sang dans l'artère comprimée par le brassard

Pression Arterielle



Variabilité:

- cycle cardiaque
- jour/nuit
- activité
- sujet âgé (rigidité artérielle)

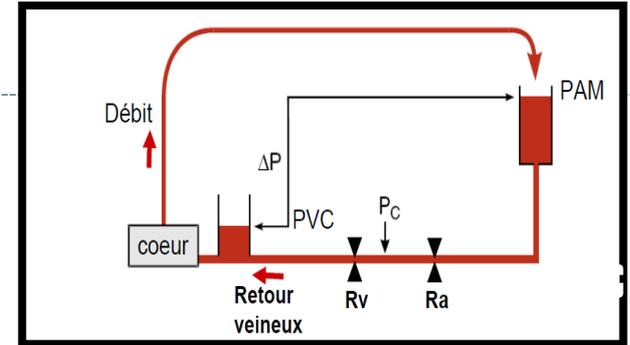
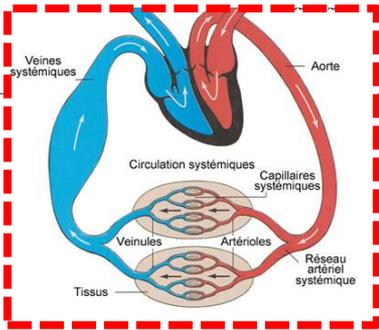


Catégorie	PA systolique* (mmHg)	PA diastolique* (mmHg)
PA optimale	< 120 et	< 80
PA normale	120–129 et/ou	80–84
PA normale haute (pré-HTA)	130–139 et/ou	85–89
Hypertension grade 1	140–159 et/ou	90–99
Hypertension grade 2	160–179 et/ou	100–109
Hypertension grade 3	≥ 180 et/ou	≥ 110
HTA systolique isolée	≥ 140 et	< 90

* Il s'agit des pressions de sujets adultes de 18 ans ou plus.

Facteurs influençant la pression artérielle

15



*Cardiovascular physiology concepts - 2005
Lippincott Williams & Wilkins*

Loi de Poiseuille : $\Delta P = Q \times R$

ΔP , pression motrice $\blacktriangleright P_{Amoy} - P_{ODmoy} = Q_c \times RPT$

$\blacktriangleright P_{OD} (\approx 2 \text{ mm Hg})$ est négligeable par rapport à $P_{Amoy} (\approx 100 \text{ mm Hg})$

$$\blacktriangleright P_{Amoy} = Q_c \times RPT$$

Débit cardiaque

$$Q_c = FC \times VES$$

FC = fréquence cardiaque

VES = volume d'éjection systolique

Résistance périphérique totale

$$RPT = (8L\mu)/(\pi r^4)$$

L = longueur

μ = viscosité sanguine

r = rayon (r est en fait le rayon d'un vaisseau)

Facteurs influençant la pression artérielle



$$P_{Amoy} = Q_c \times RPT$$

Rôle des arterioles ++
Système à résistance ajustable

Résistance (Poiseuille): $R = 8 \frac{\mu \cdot L}{\pi \cdot r^4}$

μ : viscosité sanguine

L: longueur du vaisseau

r: rayon du vaisseau

Facteurs influençant la pression artérielle



$$P_{Amoy} = Q_c \times RPT$$

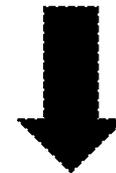
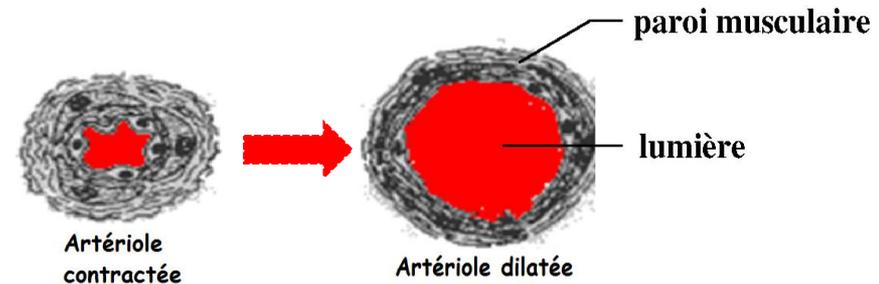
**Rôle des artérioles ++
Système à résistance ajustable**

Résistance (Poiseuille): $R = 8 \frac{\mu \cdot L}{\pi \cdot r^4}$

μ : viscosité sanguine

L: longueur du vaisseau

r: rayon du vaisseau



- 1) Résistance baisse ?
- 2) Résistance monte ?
- 3) PAm monte ?
- 4) PAm baisse ?

Facteurs influençant la pression artérielle

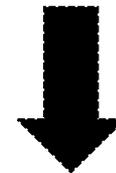
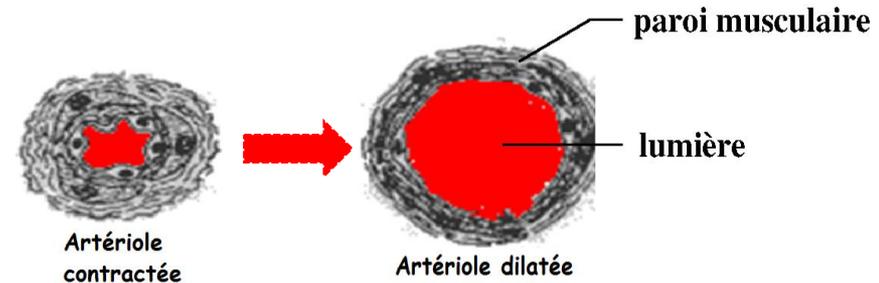


$$P_{Amoy} = Q_c \times RPT$$

**Rôle des artérioles ++
Système à résistance ajustable**

Résistance (Poiseuille): $R = 8 \frac{\mu \cdot L}{\pi \cdot r^4}$

μ : viscosité sanguine
L: longueur du vaisseau
r: rayon du vaisseau



r^4 rayon augmente ++
R: résistance baisse
La PAm baisse

Facteurs influençant la pression artérielle



$$P_{Amoy} = Q_c \times RPT$$

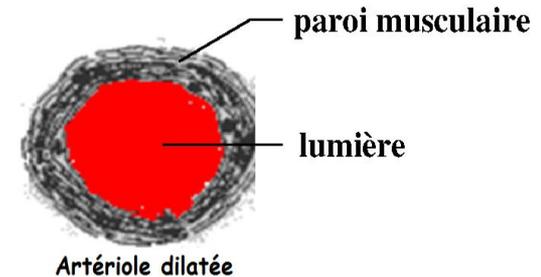
Rôle des artérioles ++ Système à résistance ajustable

Résistance (Poiseuille): $R = 8 \frac{\mu \cdot L}{\pi \cdot r^4}$

μ : viscosité sanguine

L: longueur du vaisseau

r: rayon du vaisseau

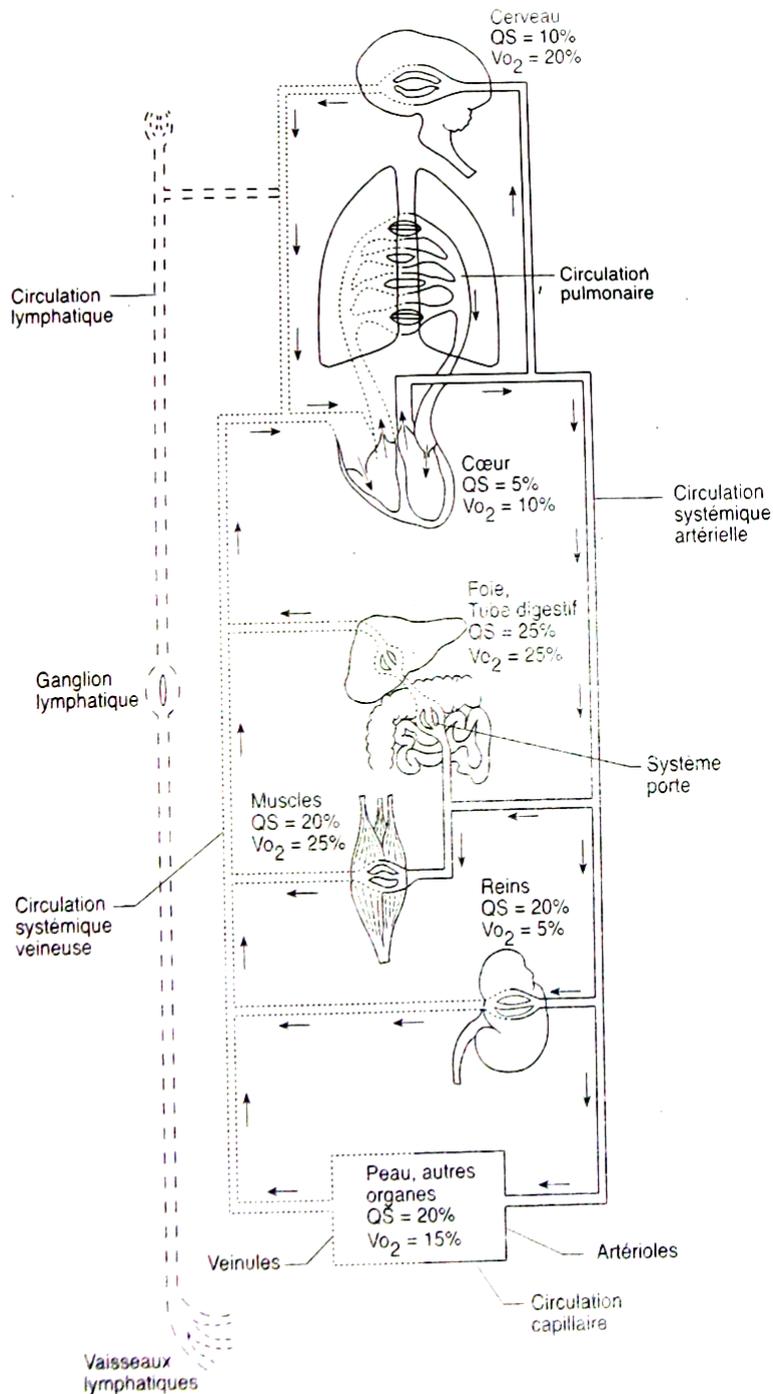


Adaptation du débit sanguin local

Au niveau des différents organes:

- la circulation sanguine est en parallèle
- le débit sanguin qui traverse un organe:
 - correspondra à un % du débit cardiaque
 - sera adapté en permanence aux besoins de cet organe

Débit local:
 $Q = \text{Pression perfusion} / \text{Résistance}$

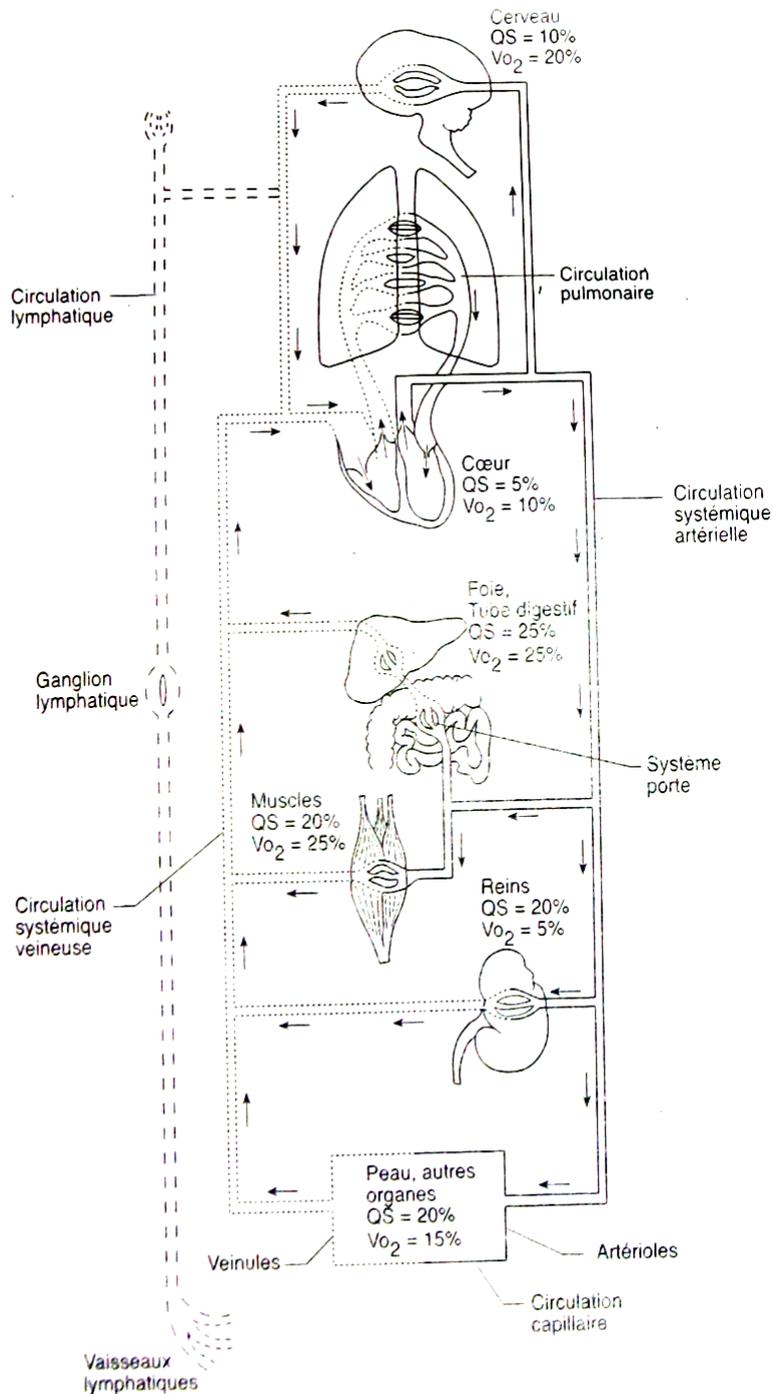


Adaptation du débit sanguin local

Au niveau des différents organes:

- la circulation sanguine est en parallèle
- le débit sanguin qui traverse un organe:
 - correspondra à un % du débit cardiaque
 - sera adapté en permanence aux besoins de cet organe

Débit local:
 $Q = \text{Pression perfusion} / \text{Résistance}$



LA CIRCULATION SYSTEMIQUE



1-INTRODUCTION

2-LE SYSTÈME A HAUTE PRESSION

3-LE SYSTÈME A BASSE PRESSION

PLAN

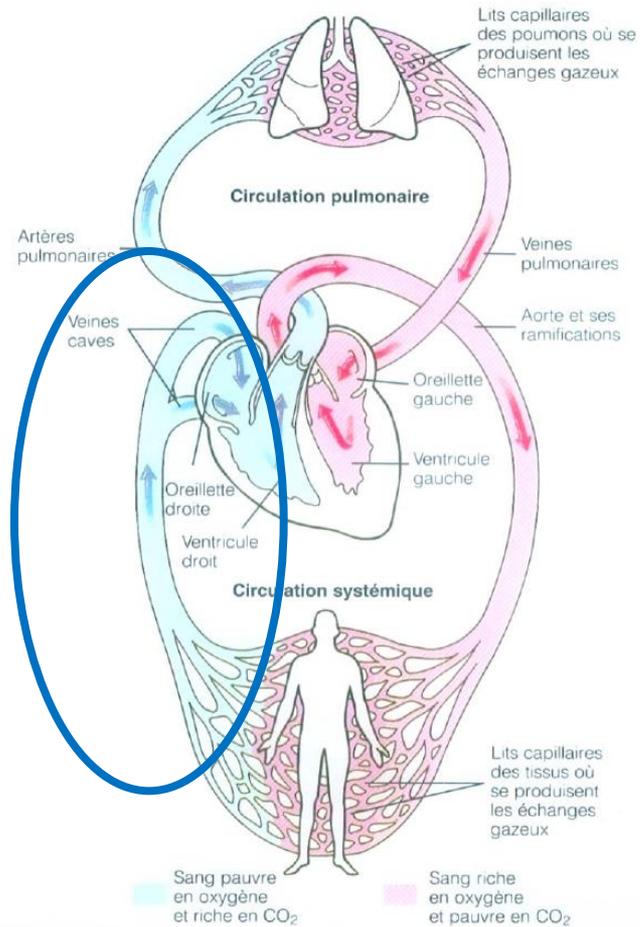
23

1. **INTRODUCTION**
2. HEMODYNAMIQUE
3. NOTION DE COMPLIANCE
4. LE RETOUR VEINEUX
5. MESURE DE LA PRESSION VEINEUSE CENTRALE

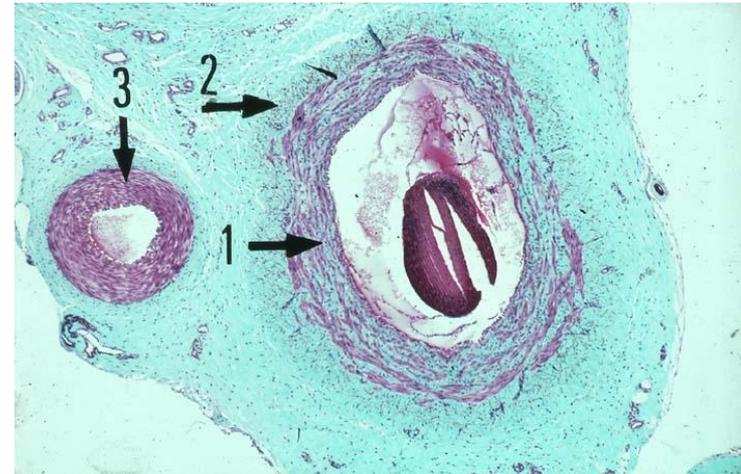
Introduction

24

La circulation veineuse: veinules => veines => oreillette droite



Colorations: Trichrome de Masson



- 1: Veine
- 3: Artère avec media développé.

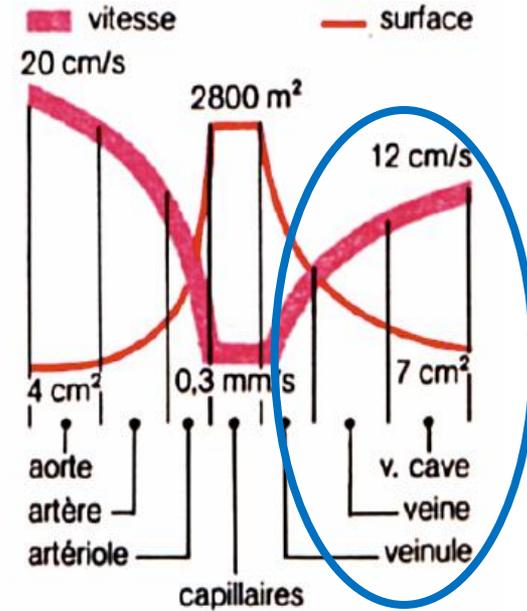
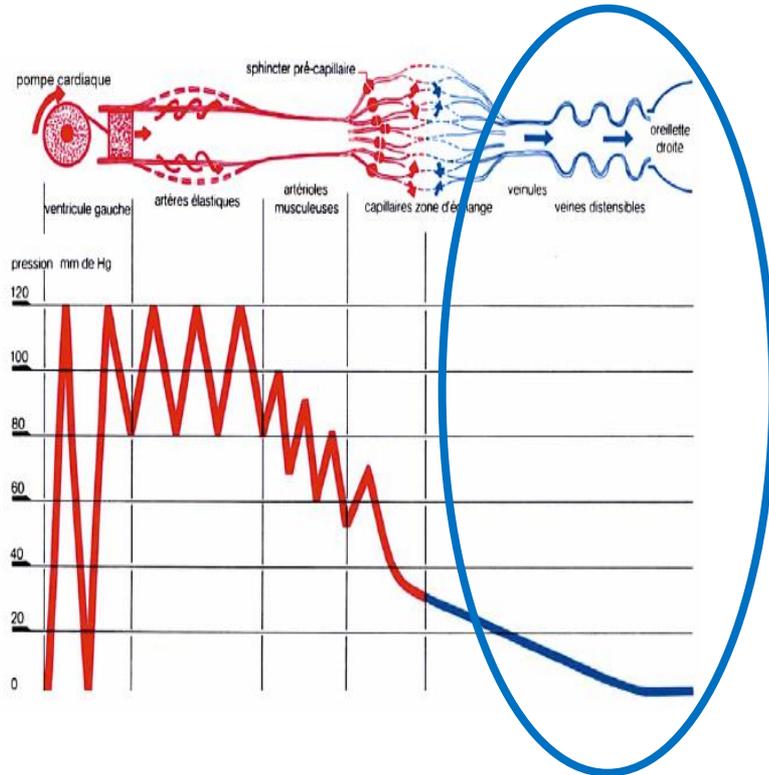
PLAN

25

1. INTRODUCTION
- 2. HEMODYNAMIQUE**
3. NOTION DE COMPLIANCE
4. LE RETOUR VEINEUX
5. MESURE DE LA PRESSION VEINEUSE CENTRALE

Hémodynamique

26

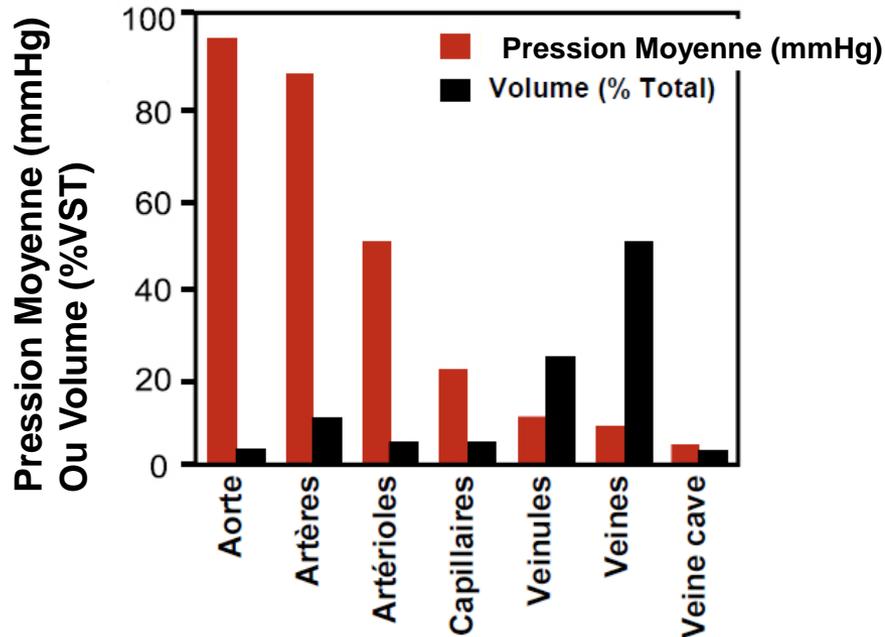


- Régime basse pression, non pulsatile
- Plus faible vitesse d'écoulement qu'au niveau artériel
- Plus grande surface

Hémodynamique

27

- Veines: **compartiment vasculaire « capacitif »**
- 60-80% du volume sanguin total réside dans les veines



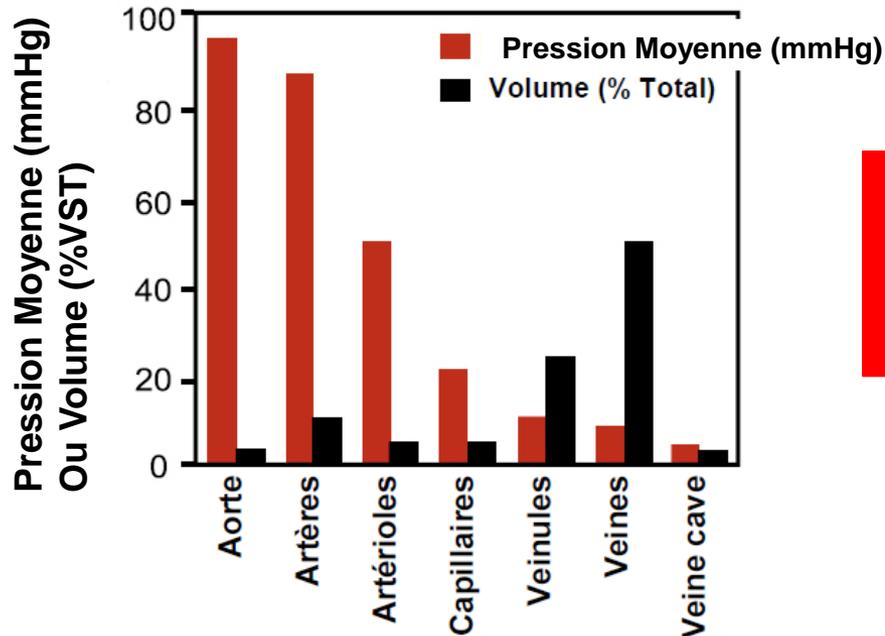
Klabunde R. E. Cardiovascular physiology concepts - 2005 Lippincott Williams & Wilkins

NB: chez un homme de 65 kilos, circulent 5 à 6 litres de sang, 4 à 5 litres chez une femme

Hémodynamique

28

- Veines: **compartiment vasculaire « capacitif »**
- 60-80% du volume sanguin total réside dans les veines



Pression Veineuse Centrale (PVC):

- pression dans l'OD
- pression en aval de la circulation systémique

Klabunde R. E. Cardiovascular physiology concepts - 2005 Lippincott Williams & Wilkins

NB: chez un homme de 65 kilos, circulent 5 à 6 litres de sang, 4 à 5 litres chez une femme

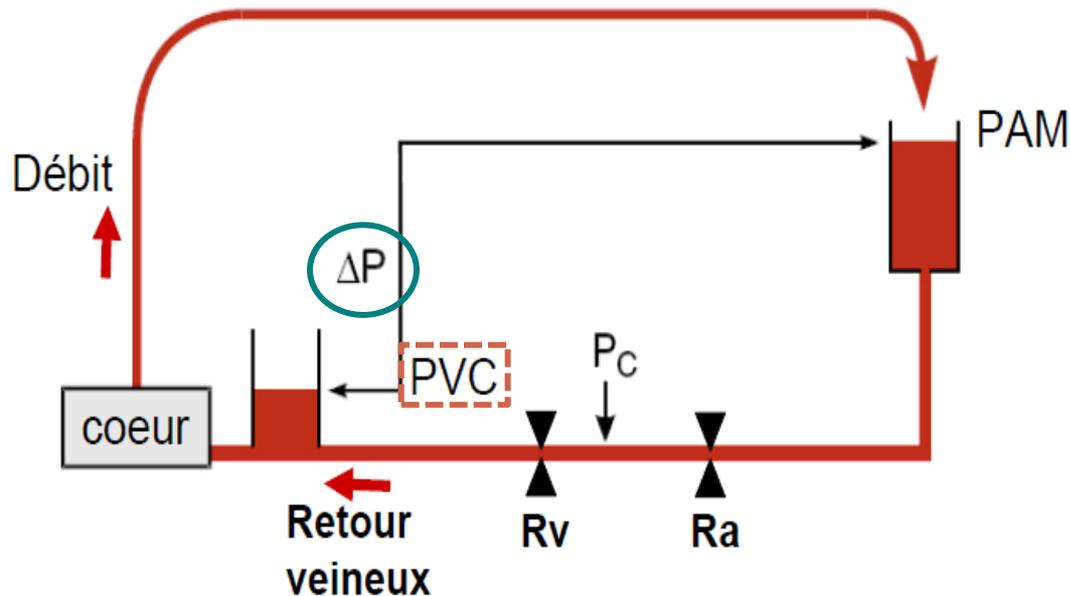
Pression veineuse centrale

29

Pression Veineuse Centrale (PVC):

- pression dans l'OD
- pression en aval de la circulation systémique

Donc **la pression motrice de la circulation systémique: PAM-PVC**



Klabunde R. E. Cardiovascular physiology concepts - 2005 Lippincott Williams & Wilkins

PLAN

30

1. INTRODUCTION
2. HEMODYNAMIQUE
- 3. NOTION DE COMPLIANCE**
4. LE RETOUR VEINEUX
5. MESURE DE LA PRESSION VEINEUSE CENTRALE

La Compliance veineuse

31

$$C = \Delta V / \Delta P$$

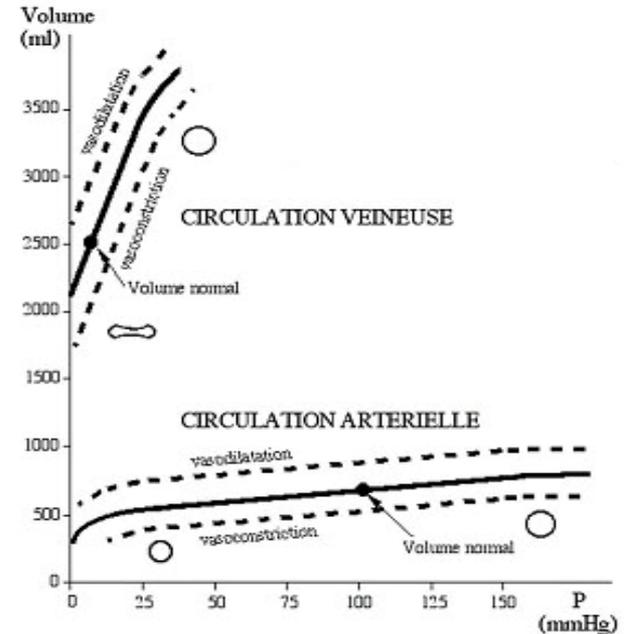
C: Compliance, reflète la capacité des veines à se laisser distendre

ΔV : accroissement de volume

ΔP : accroissement de pression (veineuse périphérique)

▪ **La compliance veineuse est nettement supérieure à la compliance artérielle**

▪ **Pour une compliance fixe** => toute augmentation du volume contenu dans les veines entrainera une augmentation de la pression veineuse



Modifié de : Guyton AC, Hall JE, Medical Physiology, 2001, Fig 15-1

PLAN

32

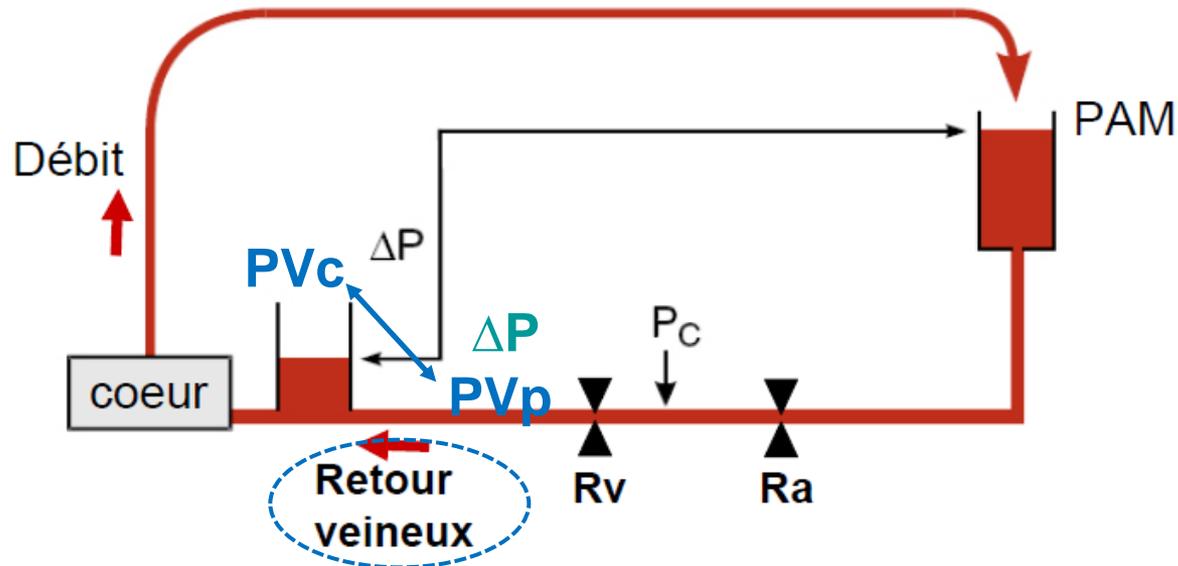
1. INTRODUCTION
2. HEMODYNAMIQUE
3. NOTION DE COMPLIANCE
4. **LE RETOUR VEINEUX**
5. MESURE DE LA PRESSION VEINEUSE CENTRALE

Le retour veineux

33

- **Débit de sang qui revient dans l'OD (ml/min)**
- Dépendant de la différence (ΔP) entre pression veineuse périphérique (PVp) et pression veineuse centrale (PVC)

$$\Delta P = PVp - PVC$$

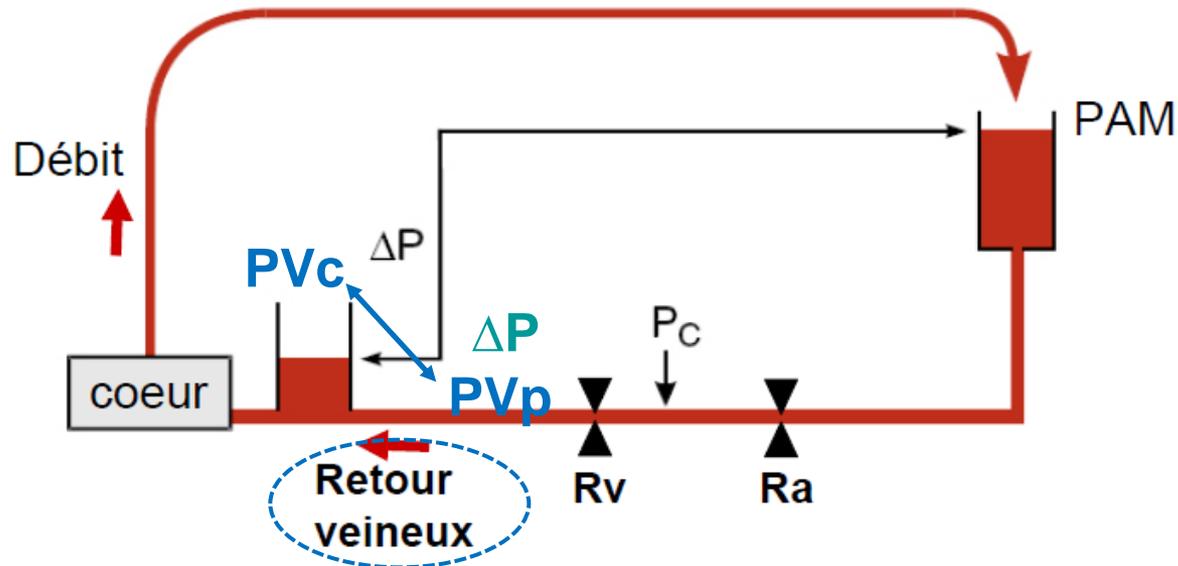


Le retour veineux

34

- **Débit de sang qui revient dans l'OD (ml/min)**
- Dépendant de la différence (ΔP) entre pression veineuse périphérique (PVp) et pression veineuse centrale (PVC)

$$\Delta P = PVp - PVC$$



Le retour veineux

La pression veineuse périphérique (PVp)

35

Pression veineuse périphérique varie avec:

➤ Le volume sanguin total ou volémie

Ex: hémorragie => diminution de la PVp

➤ Le tonus sympathique

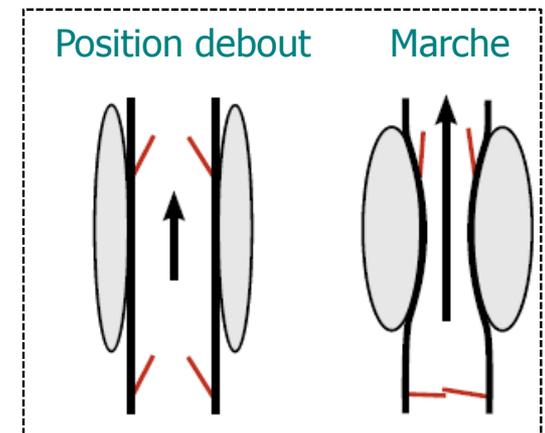
Stimulation SN sympathique=> contraction des muscles lisses des veines

=> \nearrow PVp => \nearrow ΔP => \nearrow Retour veineux

➤ La pompe musculaire

A la marche: les muscles compriment les veines en se contractant => \nearrow PVp => \nearrow ΔP (PVp-Pod)

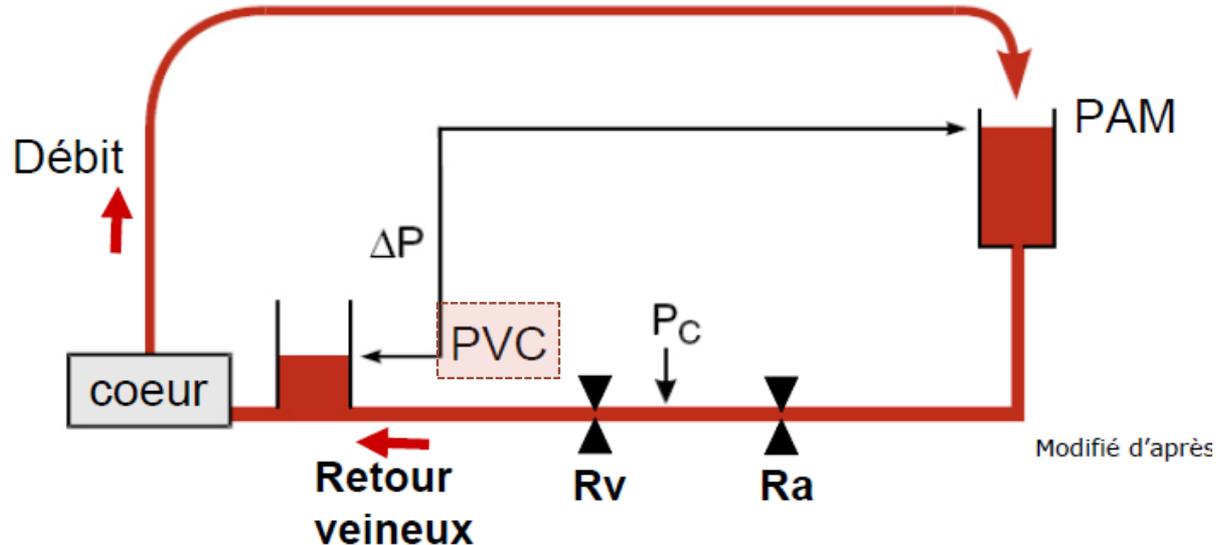
=> \nearrow Retour veineux



Le retour veineux

La pression veineuse centrale

(36)



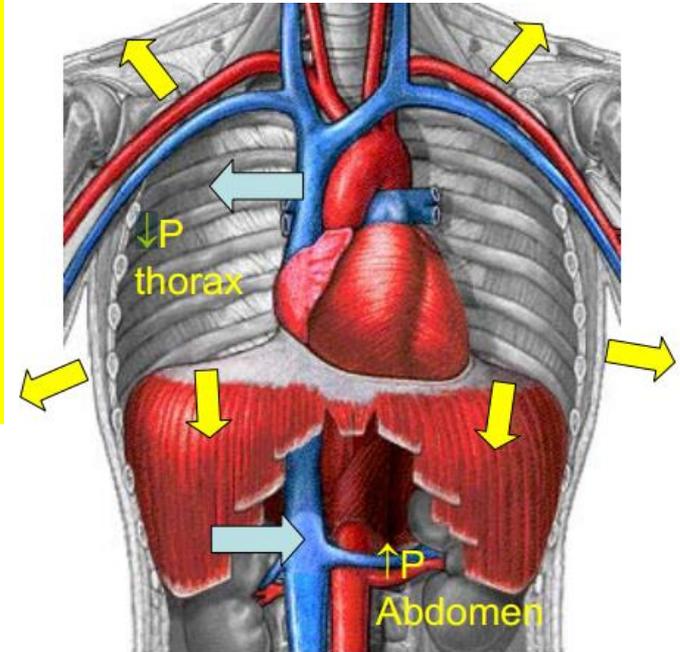
- PVC: normalement proche de 0 mm Hg
- Elle varie avec:
 - en amont: le retour veineux
 - en aval: la possibilité pour l'oreillette droite de se vider (et donc fonction de l'oreillette droite et du cœur, l'existence d'une pathologie tricuspidiennne...)
 - la respiration

Le retour veineux

La pression veineuse centrale

37

- En inspiration:
 - diminution de la pression intra-thoracique (qui devient négative) => la PVC aussi
 - abaissement du diaphragme et augmentation de la pression abdominale
- => Augmentation de ΔP et du retour veineux



Cours de physiologie S Bayat/ uinversité de Picardie

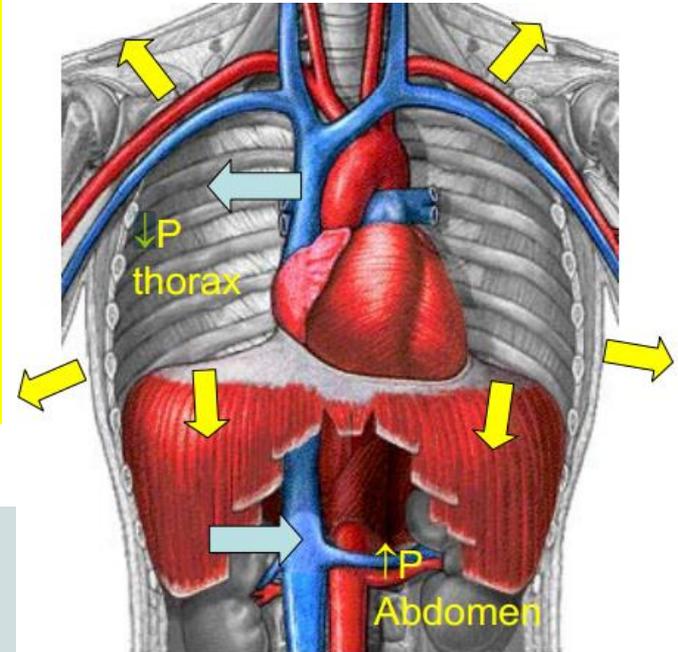
Le retour veineux

La pression veineuse centrale

38

- En inspiration:
 - diminution de la pression intra-thoracique (qui devient négative) => la PVC aussi
 - abaissement du diaphragme et augmentation de la pression abdominale
- => Augmentation de ΔP et du retour veineux

- En expiration:
 - augmentation de la pression intra-thoracique
 - abaissement de la pression abdominale
- => Diminution de ΔP et du retour veineux

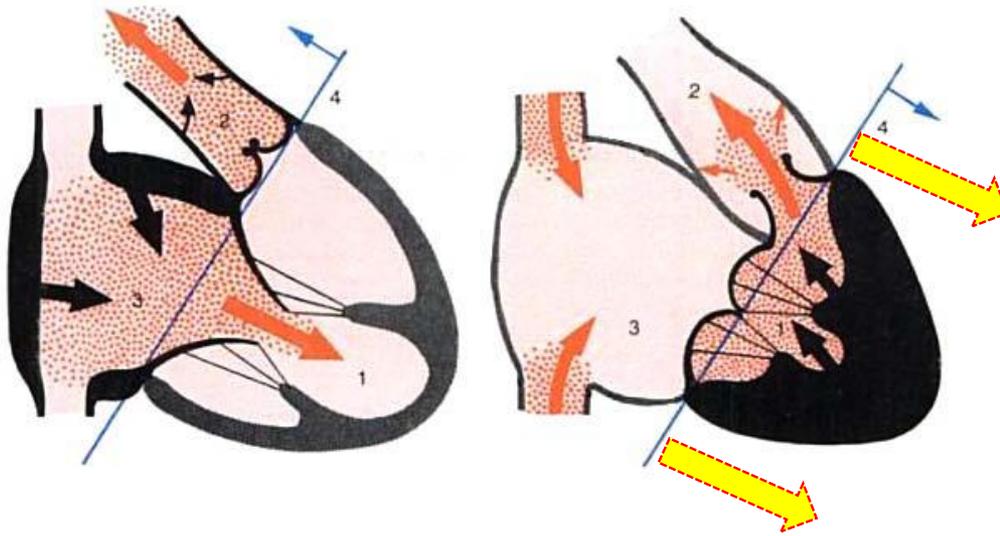


Cours de physiologie S Bayat/ uinversité de Picardie

Le retour veineux

La pression veineuse centrale

39



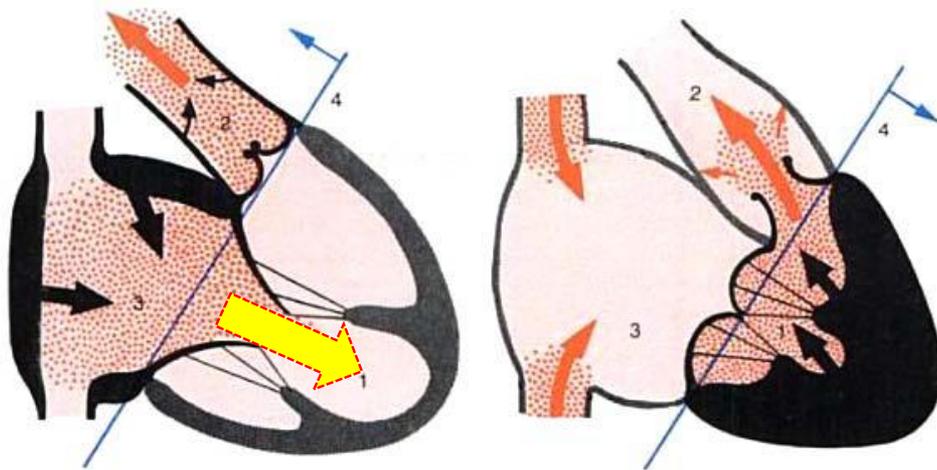
Abaissement de la pression dans l'OD

➤ Contraction du VD (abaissement de l'anneau tricuspideien →)

Le retour veineux

La pression veineuse centrale

40



Abaissement de la pression dans l'OD

- Contraction du VD (abaissement de l'anneau tricuspide)
- Remplissage du ventricule droit

Le retour veineux

41

Le retour veineux augmente avec

- « Aspiration » du sang par le ventricule droit (lors de la diastole++)
- « Aspiration » du sang par l'OD par abaissement de la pression intra-thoracique lors de l'inspiration
- Pression musculaire sur les veines lors de la marche
- Tonus sympathique

=> Le retour veineux doit être suffisant pour assurer le remplissage cardiaque (« précharge »)

Relation retour veineux et débit cardiaque

42

- En condition physiologique => retour veineux et débit cardiaque sont égaux
- Le retour veineux correspond à la « pré-charge » du cœur
- Adéquation débit cardiaque et retour veineux est possible grâce à la loi de Starling

PLAN

43

1. INTRODUCTION
2. HEMODYNAMIQUE
3. NOTION DE COMPLIANCE
4. LE RETOUR VEINEUX
5. **MESURE DE LA PRESSION VEINEUSE CENTRALE**

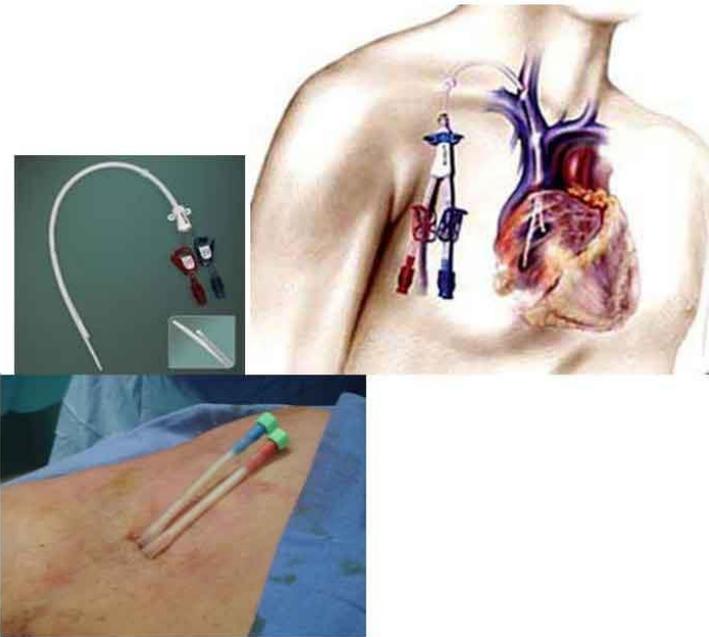
Mesure de la pression veineuse

44

Mesure de la pression veineuse centrale (PVC) par cathétérisme cardiaque droit

Estimation non invasive de la pression veineuse centrale (PVC)

Evaluation clinique



Wikipedia

Mesure de la pression veineuse

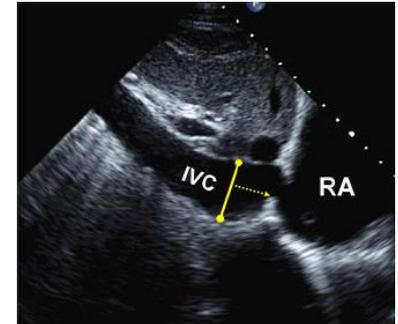
45

Mesure de la pression veineuse centrale (PVC) par cathétérisme cardiaque droit

Estimation non invasive de la pression veineuse centrale (PVC)

Evaluation clinique

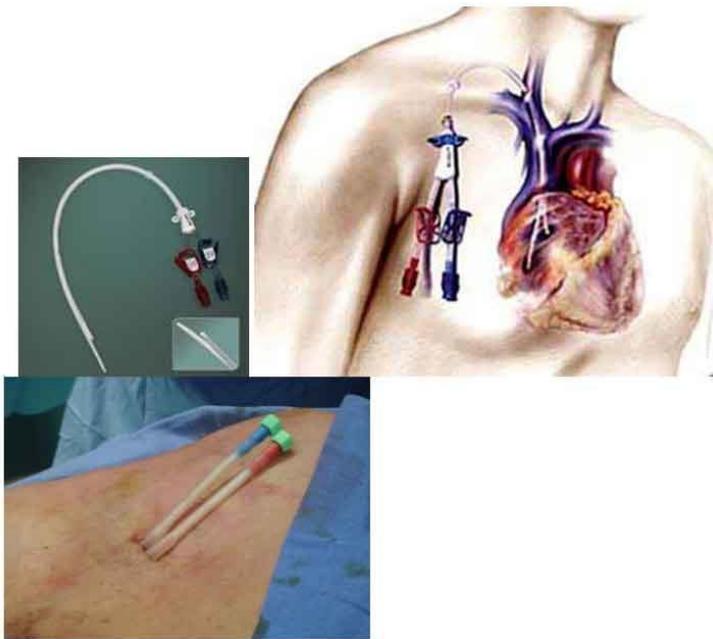
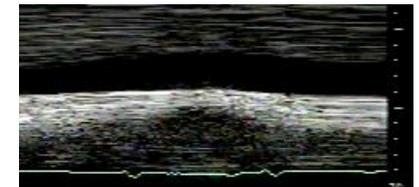
Evaluation échographique



Wikipedia

POD normale

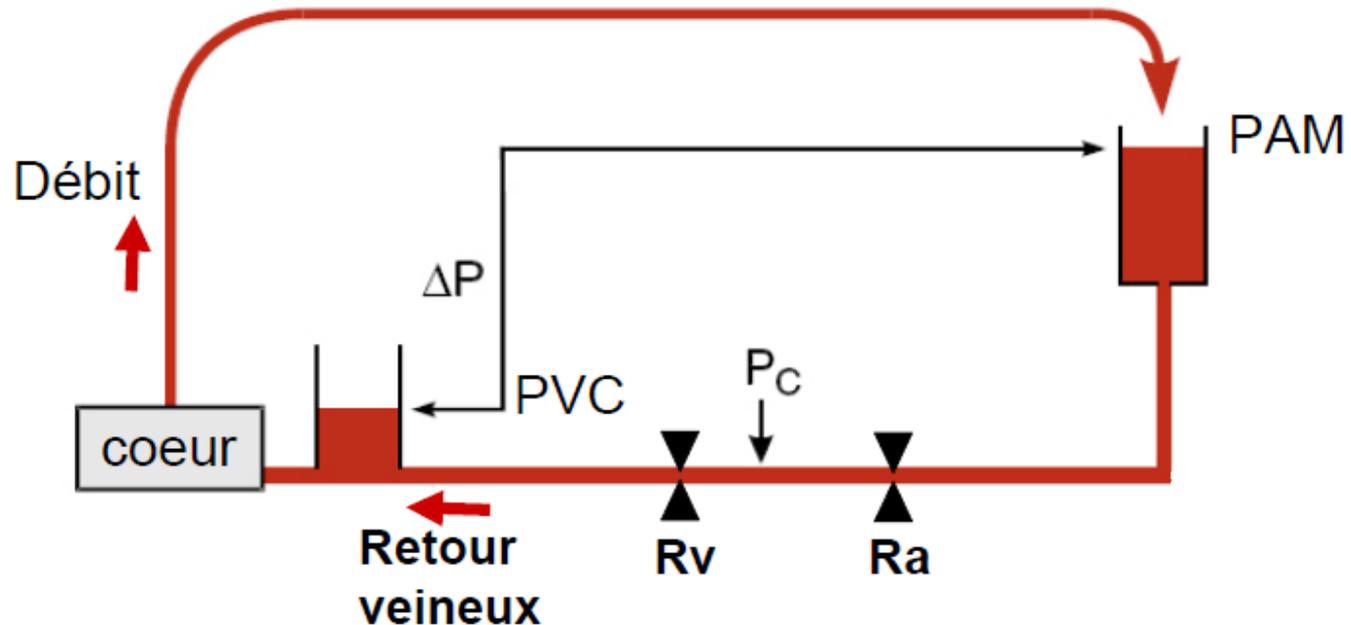
POD élevée



Conclusion

Caractéristiques générales de la circulation systémique

46



PAM: pression artérielle moyenne

PVC: pression veineuse centrale

Pc: pression capillaire

Ra: résistance artériolaire