

Biophysique de la Circulation : Partie 3

Sommaire :

VI. Mesures des pressions en santé

6.1 Mode de mesure et Unités

6.1.1- Mode de mesure : manomètres à colonne liquide

6.1.2- Les unités de pression en pratique

6.2 La pression artérielle

6.2.1- Définition

6.2.2- La pression artérielle : résultats en fonction de la position

VII. Applications cliniques

7.1 Auscultation cardiovasculaire

7.1.1- Conditions d'apparition d'un souffle

7.1.2- Souffle vasculaire

7.1.3- Souffle cardiaque

7.2 Mesure auscultatoire de la pression artérielle

7.2.1- Principes de la mesure

7.2.2- Méthode de mesure

7.2.3- Interprétation des bruits de Korotkov

7.2.4- Recommandation pour la mesure de la PA

Coucou les P1, voici le dernier cours de circu, la partie 3 (je suis triste mais c'est okay). Rien à signaler pour l'instant sur cette fiche, c'est assez concret vous allez kiffer. Comme d'hab, on COMPREND avant d'apprendre, ce sera plus simple après !

Je me répète mais rappelez-vous pourquoi vous êtes là aujourd'hui, pourquoi vous allez de l'avant. Riez, pleurez, soyez heureux ou triste mais ne lâchez pas. CROYEZ EN VOUS.

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.



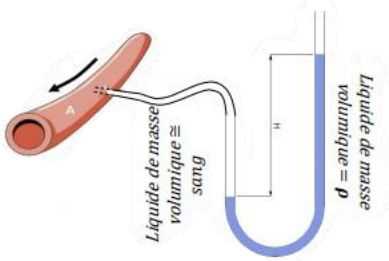
VI. Mesure des pressions en santé

6.1 Mode de mesure et Unités

6.1.1 Mode de mesure : manomètres à colonne de liquide

L'unité des pressions va dépendre des modes de mesures qu'on va utiliser. Le mode de mesure est basé (et surtout au début) sur des manomètres à colonne de liquide.

On peut prendre l'exemple au niveau d'une artère *(le schéma juste là)* :



- On place un capteur au niveau de la **lumière d'une artère** et on le relie à un système de tube en U dans lequel il y a un liquide.
- La **différence de hauteur entre les branches du U va équilibrer la pression** qui règne et va donner accès à la mesure de cette pression grâce à la relation donnée :

$$P = \rho g h \Rightarrow h = \frac{P}{\rho g}$$

Quand on s'intéresse aux fluides corporels, on se base sur des unités en dehors du Système International. On aura :

- **Millimètre de mercure (mmHg)** : c'est l'unité qui est utilisée pour mesurer la Pression Artérielle PA → **1 mmHg = 133 Pa** (**= 400/3 Pa**, pratique pour les calculs)
- **Centimètre d'eau (cmH2O)** : on utilisera cette unité pour mesurer la Pression Veineuse Centrale PVC → **1 cmH2O = 98 Pa**

	Eau H_2O	Mercure Hg
$\rho\ (kg.m^{-3})$	1.10^3	$13{,}6.10^3$

J'espère que ça va la team parce que là faut pas se prendre la tête…

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

6.1.2 Les unités de pression en pratique

Les unités de pression en pratique, elles **sont basées sur des hauteurs de liquides**. Enfaite, les liquides sont choisis en fonction des valeurs des pressions moyennes à mesurer :

➔ **Le millimètre de mercure (mmHg) :** On l'utilisera pour la pression artérielle PA *comme on le dit à la page d'avant…*

On va avoir la pression en Pa équivalente à 1 mmHg :

$$\rho g h = 13{,}6.10^3 \times 9{,}8 \times 1.10^{-3} = 133\ Pa$$

On a dit qu'on avait une Pression Artérielle Moyenne égale à 13 kPa dans le cours précédent, donc on peut faire ça :

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{13.10^3}{13{,}6.10^3 \times 9{,}8} = \mathbf{97\ mmHg}$$

⇒ Ça va correspondre à une dizaine de centimètre de mercure et du coup la colonne devient manipulable en pratique (la colonne s'élève que de quelques cm et c'est raisonnable à manipuler).

➔ **Le centimètre d'eau (cmH_2O) :** On l'utilisera pour la pression veineuse *pareil on le dit à la page d'avant…*

On va avoir la pression en Pa équivalente à 1 cmH_2O :

$$\rho g h = 1.10^3 \times 9{,}8 \times 1.10^{-2} = 98\ Pa \simeq 100\ Pa$$

La pression veineuse est inférieure ou égale à 1 kPa (PV ≤ 1 kPa) donc on peut faire ça :

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{1.10^3}{1.10^3 \times 9{,}8} = \mathbf{10\ cmH2O}$$

⇒ Ici, ça va aussi correspondre à dix centimètre d'eau et du coup ça reste aussi manipulable. Le cmH_2O est plus adapté aux pressions veineuses, qui sont bien moins importantes que les pressions artérielles.

Rapidement, si on avait fait l'inverse, avec le cmH2O pour la PA, on aurait eu une colonne bcp trop haute et donc pas manipulable en pratique.

Astuce :

Pour passer de Pa à mmHg, divisez par 133

Pour passer de kPa à mmHg, multipliez par 7,5



Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

6.2 La pression artérielle

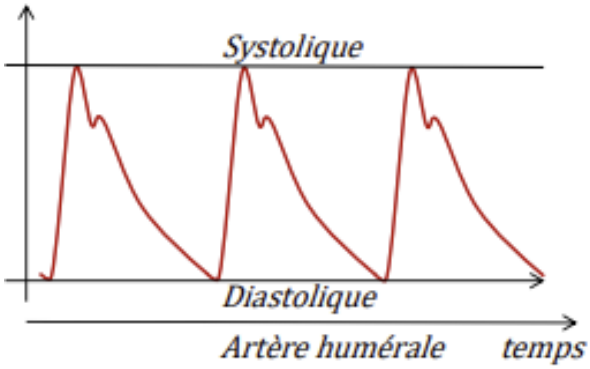
6.2.1 La pression artérielle

La pression artérielle PA : C'est la pression du sang dans les artères produite par le cœur. *(on l'appelle souvent tension artérielle à tort et dire l'hypertension artérielle en découle… on devrait plutôt dire hyperpression…)*

La pression artérielle moyenne est égale à **98 mmHg**… soit **13 kPa**, et celle-ci est déterminée par le cœur. *Pareil on l'a dit avant donc en gros le prof se répète alors c'est IMPORTANT !!!*

Cette pression artérielle est donc **variable** au cours du cycle cardiaque. Elle évolue entre un **minimum diastolique** *(quand le cœur se dilate/distend, il se remplit)* et un **maximum systolique** *(quand le cœur se contracte et envoie le sang dans les artères).*





Cette pression artérielle moyenne qu'on retrouve dans les artères, c'est en réalité la **pression statique** dont nous parle **Bernoulli**, donc la **pression qui s'exerce sur les parois**. *Tout simplement goatesque notre cher Daniel Bernoulli*

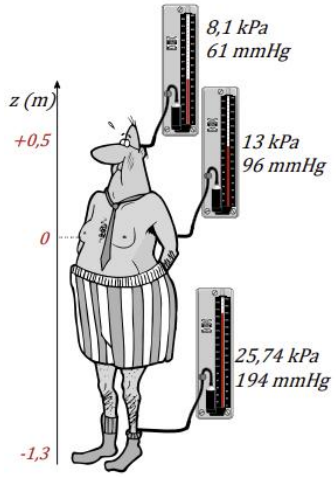
6.2.2 La pression artérielle : résultats en fonction de la position

On l'a dit, la pression artérielle PA, c'est la **pression du sang dans les artères produite par le cœur.** La PA est donc liée à l'activité du cœur → On considère que c'est la pression à la sortie du cœur.

On peut la mesurer quelle que soit la position du sujet au niveau du cœur, donc **au niveau du bras** → On parle de Niveau 0 qui correspond au niveau du Cœur.

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

Debout :



Pour déterminer les pressions artérielles mesurées au niveau de la **tête** ou des **pieds** quand notre sujet est en position debout, on va utiliser **l'équation de Bernoulli**.

Cette relation nous permet de déterminer la pression artérielle PA en fonction des différentes positions, avec comme pression statique (= latérale), la pression artérielle moyenne PAmoy. De plus, on considère le sang immobile et on néglige la viscosité…

- ➔ On prend pour valeur de référence la pression artérielle au niveau du cœur
- ➔ On prend donc **PA(0) = 96 mmHg = 13 kPa** *Alors le 0 c'est pour le niveau, on a dit avant que niveau 0 = niveau du cœur… et vous cassez pas la tête avec 96 mmHg ou 97 mmHg ou encore 98 mmHg pour 13 kPa, considérez que c'est pareil.*
- ➔ On a, en position debout, **PA + ρgh = 13 kPa = PA(0)**, donc on soustrait ρgh à notre PA(0) pour obtenir la PA
- ➔ Pour ρ, on considère que sa masse volumique est égale à celle de l'eau. Donc $\rho_{sang} = \rho_{eau} = 10^3\ kg.m^{-3}$

Ce qu'on vient de faire, faisons-le maintenant pour la tête et pour les pieds :

- ➢ **Tête** : PA(+0,5) *0,5m au-dessus du cœur…* $= 13.10^3 - (10^3 \times 9{,}8 \times 0{,}5)$
  $= 13.10^3 - 4{,}9.10^3 = 8{,}1\ kPa$

On a donc au niveau de la tête, PA = 8,1 kPa et on peut l'avoir en mmHg :



$8{,}1 \times 7{,}5 = 60{,}75\ mmHg = 61\ mmHg$

$8{,}1.10^3/133 = 60{,}9\ mmHg = 61\ mmHg$ *c'est plus précis de cette manière*

Donc, **$PA_{Tête}$ = 8,1 kPa = 61 mmHg**

- ➢ **Pieds** : PA(-1,3) *1,3m en dessous du cœur…* $= 13.10^3 + (10^3 \times 9{,}8 \times 1{,}3)$
  $= 13.10^3 + 12{,}74.10^3 = 25{,}74\ kPa$

On a donc au niveau des pieds, PA = 25,74 kPa et on peut l'avoir en mmHg :

$25{,}74 \times 7{,}5 = 193{,}05\ mmHg = 194\ mmHg$

$25{,}74.10^3/133 = 193{,}53\ mmHg = 194\ mmHg$ *j'arrondis à 194 comme le prof…*

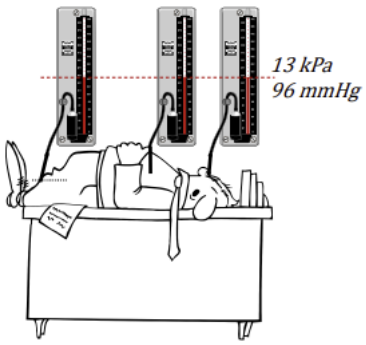
Donc, **PA_{Pieds} = 25,74 kPa = 194 mmHg**

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

La valeur mesurée de la PA dépend du niveau de la mesure !!!

Allongé :

En position allongé, nous n'avons **pas de différence de hauteur** avec le cœur… Nous sommes à **h = 0m par rapport au cœur**. On considère toujours que le sang est immobile et que donc, on néglige la viscosité.



Dans ce cas-là, on aura :

$$PA_{Tête} = PA_{cœur} = PA_{Pieds}$$

La valeur mesurée de la pression artérielle PA sera la même quelle que soit le niveau de la mesure !!!



VII. Applications cliniques

7.1 Auscultation cardiovasculaire

Rappel : On a deux régimes d'écoulements différents :

- **Écoulement laminaire** : l'écoulement est **silencieux** *(au stéthoscope on n'entend rien)*
- **Écoulement turbulent** : l'écoulement est **bruyant** et donc audible à l'auscultation *(donc au stétho)* : on entendra un **souffle** !

De plus, on se souvient que pour déterminer si le régime est turbulent ou laminaire, on utilise le **nombre de Reynolds** !!!

7.1.1 Conditions d'apparition d'un souffle

On fait face à un écoulement turbulent si $Re = \frac{\rho d v}{\eta} > 10\ 000$

Le **diamètre** est un facteur de turbulence et il est lié à la **vitesse**, aussi un facteur de turbulence. On se souvient grâce au principe de continuité du débit *Q* que si *d* diminue, alors *v* augmente. *Okay ici d'habitude c'est S mais c'est pareil avec d, parce qu'avec une section circulaire, $S = \pi d^2/4$, donc si S varie, d varie de la même manière.*

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

Si, et seulement si, le débit varie de manière isolée, alors quand ***d* diminue, le risque de turbulence diminue aussi**.

Mais en pratique, si ***d* diminue, alors v augmente** (principe de continuité du débit) *(je sais, je me répète mais c'est important mdrr)*

On peut réécrire *Re* en fonction de *Q* (le débit) ce qui nous donnera :

A débit constant, ***Q* = *Sv***; avec une section circulaire *donc* $S = \pi d^2/4$:

$$Q = \frac{\pi d^2 v}{4} \Rightarrow d.v = \frac{4Q}{\pi.d}$$



On peut maintenant remplacer *d.v* dans la relation de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho.d.v}{\eta} \Rightarrow \frac{\rho.4Q}{\eta.\pi.d}$$

On fait attention aux unités ici aussi svp c'est super important !!!

Donc, maintenant que *d* est au dénominateur, quand *d* diminue, le risque de turbulence augmente. *Ici, on est dans le cas la vitesse v varie avec le diamètre d donc dans le cas du principe de continuité du débit*

En pratique, c'est cette formule *celle juste au-dessus* quand on parlera de variations de diamètre **SAUF** quand on parle de l'augmentation ou de la diminution du diamètre demanière isolée.

Causes LÉSIONNELLES	d ↓	✓ Souffle vasculaire : sténose vasculaire ✓ Souffle cardiaque : sténose ou fuite valvulaire cardiaque
Causes FONCTIONNELLES	η ↓ Q ↑	✓ Souffle d'effort ✓ Souffle lié à l'anémie (anémie : η ↓ ; Q ↑)

7.1.2 Souffle vasculaire

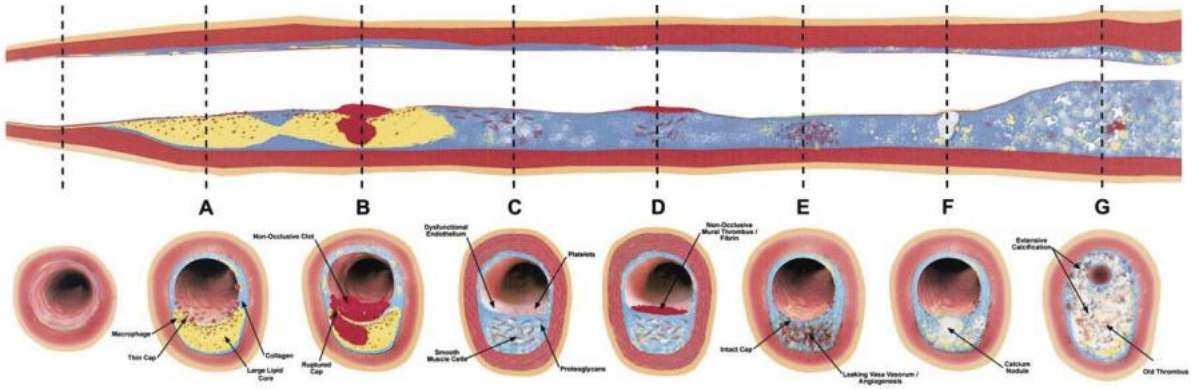
Athérosclérose :

Une athérosclérose, c'est quoi ? C'est la formation de plaques d'athérome qui se forme par **dépôts lipidiques** dans un premier temps, puis par **fibrose** ensuite.

On observe une **diminution** **progressive du diamètre** du vaisseau donc la réduction du calibre de l'artère concernée.

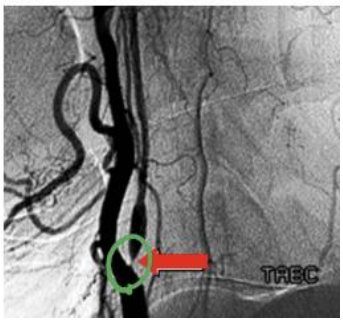
Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

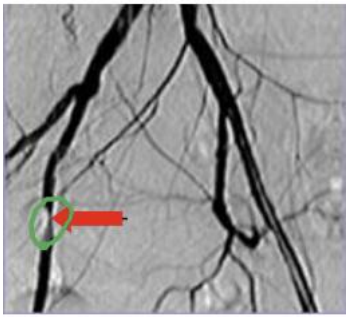
Et voici une belle représentation :



On entendra donc un souffle vasculaire au stéthoscope (écoulement localement turbulent) *(et quand c'est laminaire c'est silencieux on s'en rappelle svp)* et ça en regard de l'artère sténosée (carotide, rénale, fémorale…). *En gros si la sténose touche ma carotide, c'est au niveau de la carotide que je vais entendre le souffle, pas au niveau de la brachiale…*

Et voici de belles images que le prof a mis dans son diapo :



7.1.3 Souffle cardiaque

Bon… Ici, la partie c'est juste le prof qui vous drop un exercice avec 2 situations différentes donc je vous le mets parce qu'en vrai, c'est un entraînement en plus alors pk dire non ?

Nous avons 2 situations, pour lesquelles vous devez donner le résultat de l'auscultation au niveau d'une sténose aortique :



Situation 1 : $d = 20\ mm$ et vitesse d'éjection $v = 0{,}4\ m.s^{-1}$
Situation 2 : $d = 15\ mm$ et vitesse d'éjection $v = 4\ m.s^{-1}$
On donne : $\eta = 4.10^{-3}\ kg.m^{-1}.s^{-1}$ $\rho = 1.10^{3}\ kg.m^{-3}$

Conseil, quand on sait pas qu'est-ce qu'il faut faire, regardez les données qu'on vous donne…

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

On fait les choses étapes par étapes et là je vous donne ce qu'il faut faire (ça vient de la diapo du prof) et maintenant vous avez plus qu'à :

- Résultats de l'auscultation = régime d'écoulement = calcul de $Re = \frac{\rho dv}{\eta}$

Rappel
si $Re \leq 2000 \Rightarrow$ *régime laminaire*
si $Re > 10000 \Rightarrow$ *régime turbulent*



Et maintenant je vous mets les résultats (tjrs de la diapo du prof) :

- Situation 1: $Re = \frac{\rho dv}{\eta} = \frac{1.10^3 \times 2.10^{-2} \times 0,4}{4.10^{-3}} = \frac{8.10^3}{4} = 2000$ $\Rightarrow$ laminaire = pas de souffle
- Situation 2: $Re = \frac{\rho dv}{\eta} = \frac{1.10^3 \times 15.10^{-3} \times 4}{4.10^{-3}} = \frac{60.10^3}{4} = 15000$ $\Rightarrow$ turbulant souffle

Donc ici, on peut conclure sur chaque situation :

- **Situation 1** : On a un nombre de Reynolds de 2000, comme le prof l'a mis plus haut, on est donc sur un écoulement **laminaire** donc on n'a pas de souffle donc **pas de sténose** !
- **Situation 2** : On a un nombre de Reynolds de 15000, encore une fois, le prof l'a mis plus haut, on est sur un écoulement **turbulent** et donc on entend un souffle qui signifie qu'on est en **situation de sténose** ! *Ici, on peut un peu le voir grâce aux données, on voit qu'on a un diamètre plus petit et une vitesse élevée…*

7.2 Mesure auscultatoire de la pression artérielle

7.2.1 Principes de la mesure

Cette mesure auscultatoire de la pression artérielle est :

- **Non-invasive** (pas douloureuse, aucun caractère qui nuit au patient)
- **Indirecte** (on ne vient pas placer un capteur directement sur les vaisseaux)
- Basée sur la **création d'une sténose** (par contrepression)
- Réalisée au niveau de **l'artère humérale**

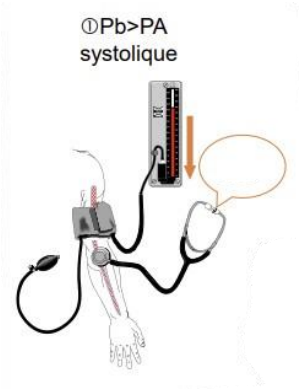
→ On fait l'auscultation en aval *(ça veut dire « après » en gros c'est en dessous de l'artère humérale donc après la sténose)* : on peut interpréter les **bruits de KOROTKOV**

Maintenant, on va voir comment on fait cette mesure ! *et pour la mise en page on va aller à la prochaine page !*

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

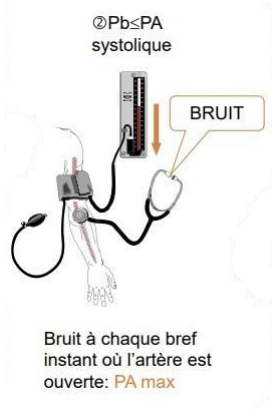
7.2.2 Méthode de mesure

Okay, on va voir les étapes à faire :



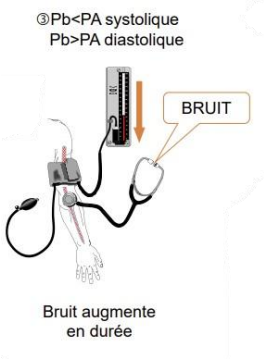
- 1ère étape avec **$P_{brassard}$ > $PA_{systole}$ (aucun bruit)** : On gonfle le brassard jusqu'à contrer la pression artérielle : cela collabe l'artère

  On n'entend rien car le sang ne circule pas !



- 2ème étape **$P_{brassard}$ ≤ $PA_{systole}$ (bruit sec intermittent)** :
  Petit à petit, on va diminuer la pression du brassard jusqu'à passer en dessous de la PA maximale = $P_{systole}$
  Bruit bref, audible à chaque moment où l'artère est perméable (ouverte) sous l'effet de la pression artérielle :
  - On entend un bruit dû à l'écoulement **turbulent en systole**.
  - **Apparition du 1er bruit sec : c'est la PA maximale soit la PA systolique**





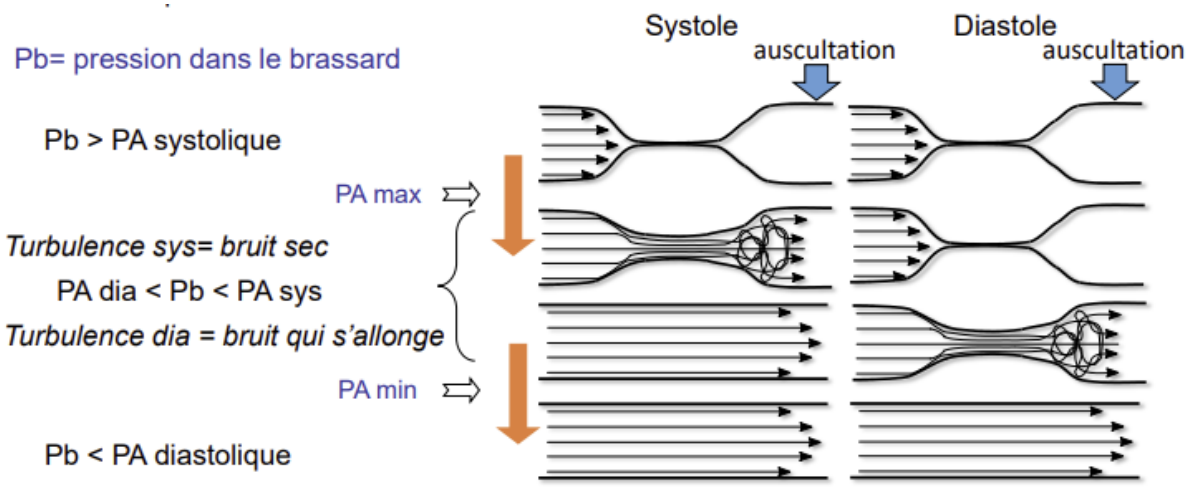
- 3ème étape **$PA_{diastole}$ < Pb < $PA_{systole}$ (bruit qui s'allonge et qui persiste)** :
  On continue à diminuer la pression du brassard, on entend alors un **bruit qui augmente en durée et change de timbre**
  En systole, la circulation est redevenue laminaire, mais est turbulente en diastole.



- 4ème étape **Pb < $PA_{diastole}$ (disparition de tout bruit)** :
  On diminue toujours la pression du brassard jusqu'à ne plus rien entendre. Le sang circule à nouveau, de façon laminaire, en diastole et en systole, l'artère n'est plus compressée.
  On obtient donc la **PA minimale = PA diastolique**

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

7.2.3 Interprétation des bruits de KOROTKOV



Du point de vue physique, les bruits de **Korotkov** correspondent aux **limites entre les écoulements laminaire et turbulent**.

La pression maximale est **exactement** égale à la pression artérielle systolique mais la **PA minimale surestime la pression diastolique** car on mesure la PAmin lors du passage du sang en écoulement laminaire (on attend qu'il n'y ait plus du tout de bruit).

On considère donc que la **PAmin = PAdiast + 2mmHg**

Les bruits de **Korotkov** sont les **limites entre les écoulements laminaire et turbulent.** *(je sais je me répète mais le prof se répète alors moi aussi, ça veut dire que c'est important)*

On a donc des valeurs normales de pression artérielle PA, qui sont :

- **PA max (PA_{syst}) ≤ 140 mmHg**
- **PA min (PA_{diast}) ≤ 90 mmHg**



On peut calculer la pression artérielle moyenne PA_{moy} :

$$PAmoy = \frac{PAsys + 2PAdiast}{3} = 13\ kPa\ (98\ mmHg)$$

C'est un indicateur clinique essentiel car elle reflète la **perfusion globale des organes**, contrairement à la pression systolique ou diastolique seules.

On peut aussi calculer la pression artérielle différentielle PA_{diff} :

$$PAdiff = PAsys - PAdiast$$

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

Ici aussi, on a des valeurs normales pour la pression artérielle différentielle, qui sont :

- **$30\ mmHg \leq PA_{diff} \leq 50\ mmHg$**

C'est un marqueur de la **compliance artérielle** (rigidité des artères liées par exemple au vieillissement), de la **perfusion tissulaire** et est un **marqueur pronostic**.

7.2.4 Recommandation pour la mesure de la PA

1. Utiliser un tensiomètre électrique. Si un doute persiste, mesure auscultatoire recommandée en exprimant les valeurs de la PA en **mmHg**.
2. Utiliser des tensiomètres avec le **marquage CE** (Conformité Européenne).
3. Utiliser des tensiomètres avec **brassard huméral**.
4. Utiliser des tensiomètres dont le **brassard est adapté à la circonférence du bras**.
5. Mesurer la PA **en position assise ou couchée après quelques minutes de repos**.
6. Mesure répétée = Au moins **3 mesures consécutives**. La moyenne des 2 dernières mesures **détermine le niveau de pression artérielle**.

Conclusion :



• Un souffle audible = écoulement turbulent

- Cause lésionnelle : sténose vasculaire ou valvulaire.
- Cause fonctionnelle : modifications de débit et/ou de viscosité.

• **Mesure auscultatoire de la pression artérielle** par création d'une sténose.

• **Les bruits induits (de Korotkov)** donnent accès aux **pressions max et min** qui reflètent (indirectement) les **pressions systoliques et diastoliques**.

Langage courant : « une tension artérielle de 13/8 »

Une **pression** artérielle **maximale (systolique)** de 130mmHg et **minimale (≃ diastolique)** de 80mmHg.

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.

<u>Dédiiiiis encore TUT'AMBIANCES :</u> *Les derniers de circu purée je suis triste*

Là c'est liste d'artistes…

Dédis à Frank Ocean

Dédis à Steve Lacy

Dédis à The Weeknd et je n'ai rien à ajouter

Dédi à MF DOOM et là vous devez écouter

Dédi à Dogpark

Dédi à Theodora of course

Dédi à The Marias

Dédi à Parcels

Dédi à Radiohead

Dédi à Orelsan

Dédi à Royel Otis

Dédi à Dua Lipaaaaaa une star

Dédi à Angèle (une star aussi)

Dédi à Almost Monday

Et enfin Dédi à Mac DeMarco

Le tutorat est un service gratuit (on régale). Toute vente ou reproduction est interdite.