

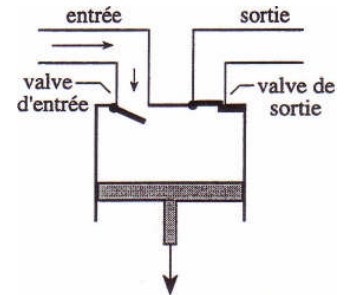
Chapitre 5.7 – Applications de l'hydrodynamique

La pompe aspirante et foulante

Voici le fonctionnement d'une pompe de type aspirante et foulante :

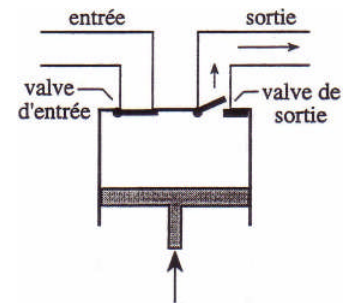
Entrée du liquide (aspirante)

- 1) Piston entraîné vers le bas.
- 2) Augmentation du volume de la pompe.
- 3) Formation d'une sous-pression engendrée par le vide partiel de la pompe.
- 4) Écoulement du liquide par le tuyau d'entrée.



Sortie du liquide (foulante)

- 1) Piston entraîné vers le haut.
- 2) Réduction du volume de la pompe.
- 3) Formation d'une surpression engendrée par la force du piston.
- 4) Écoulement du liquide dans le tuyau de sortie (blocage de la valve d'entrée).
- 5) Non refoulement du liquide dans la pompe grâce à la valve de sortie.



Fonctionnement du cœur

Le cœur peut être comparé à une pompe de type aspirante et foulante :

Partie droite du cœur :

Objectif : Oxygénation du sang.

Provenance du sang : Veines

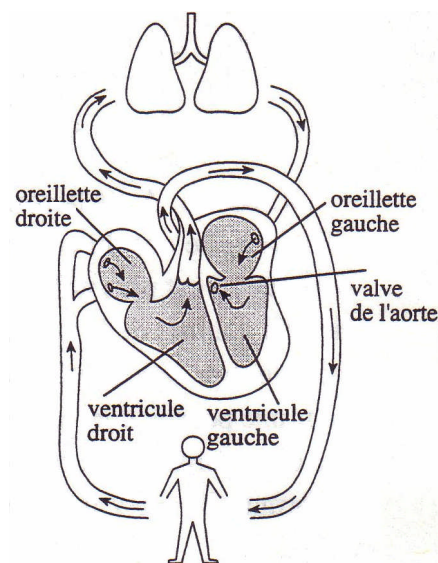
Circulation vers : Poumons

Partie gauche du cœur :

Objectif : Circulation du sang vers les organes du corps.

Provenance du sang : Poumons

Circulation vers : Aorte et artères



Voici la comparaison du cœur à la pompe de type aspirante et foulante :

Oreillette : Tuyau d'entrée vers le ventricule.

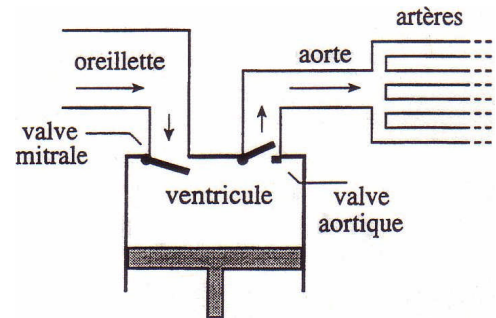
Valve mitrale : Valve empêchant le refoulement vers les poumons du sang lors de la contraction du cœur.

Ventricule : Chambre d'accumulation du sang avant la contraction.

Valve aortique : Valve empêchant le retour du sang vers le ventricule lors de la contraction du cœur.

Aorte : Tuyau de sortie vers les artères.

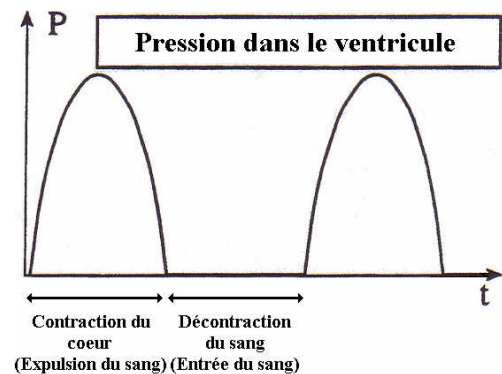
Artères : Tuyau redirigeant le sang vers les organes.



Pression à l'aorte

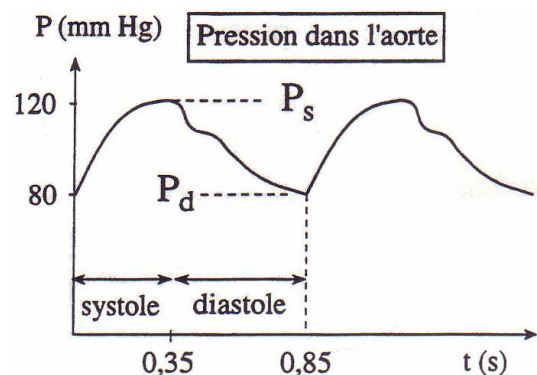
Voici un graphique simplifié d'une mesure expérimentale de **pression** dans le **ventricule gauche** (section du cœur propulsant le sang vers les organes) :

- La contraction du cœur produit une augmentation rapide de la pression. Ce sont les muscles cardiaques qui produisent cette hausse de pression.
- Lorsque la contraction du cœur se termine, les muscles cardiaques ne sont plus en action et la pression chute à zéro.
- La décontraction du cœur augmente le volume du ventricule ce qui invite le sang provenant de l'oreillette à retourner dans le ventricule. Cette action se produit à faible pression.



Voici un graphique simplifié d'une mesure expérimentale de **pression** dans **l'aorte** chez une personne jeune et en santé :

- **Pression systolique** (P_s) : Pression maximale atteinte lors de la contraction du cœur (0,35 s)
- **Pression diastolique** (P_d) : Pression minimale atteinte lors de la dilatation du cœur (0,50 s)
- Lors de la diastole, la pression chute vers zéro dans le ventricule, mais diminue graduellement dans l'aorte.
- La pression dans l'aorte ne chute jamais jusqu'à zéro, car un battement de cœur se produit assez rapidement pour rehausser la pression.



L'aorte semi-élastique

Le **rôle de l'aorte** et des autres artères est de **régulariser** la **pression** engendrée par le cœur ce qui permet d'avoir un écoulement sanguin à **débit relativement constant**. Pour ce faire, l'aorte utilise une **propriété d'élasticité**.

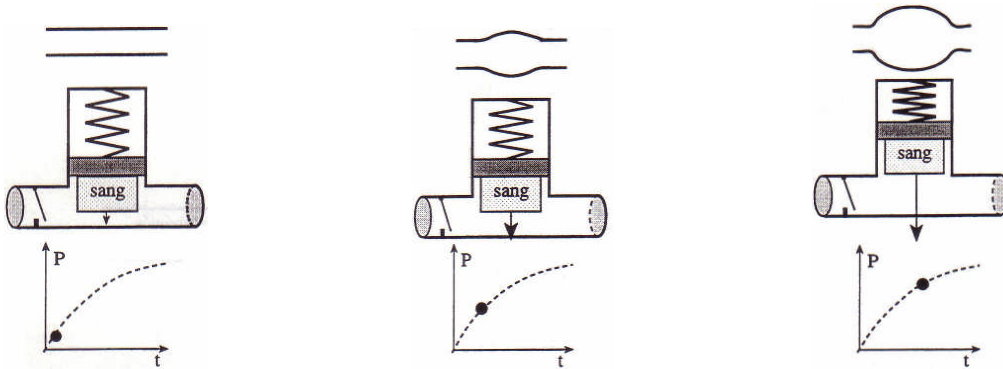
On peut comparer l'élasticité de l'aorte au système mécanique suivant :

Cylindre vertical fermé, dans lequel peut coulisser un piston étanche attaché en haut du cylindre par un ressort qui se comprimera sous la poussée du sang. Le ressort peut accumuler et perdre de l'énergie potentielle.

Systole : Début du flot sanguin sortant du ventricule et ouverture de la valve aortique.

Pression produite par : Le cœur.

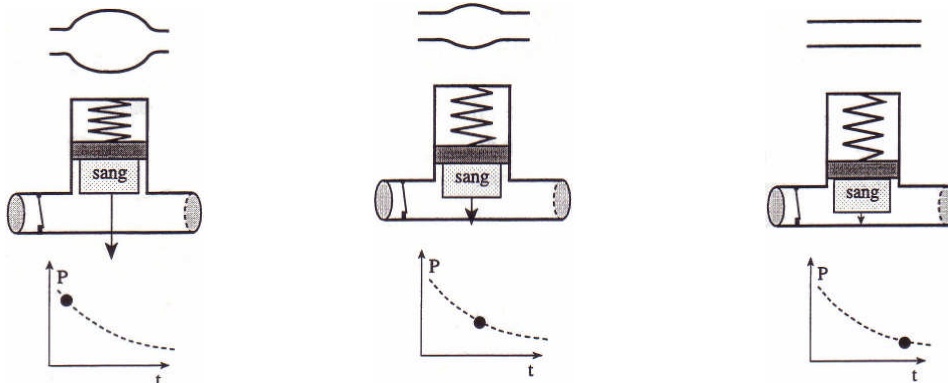
Élasticité de l'aorte : **Augmentation** de l'étirement de l'aorte, car le sang applique une force sur la membrane via la pression du cœur. La **membrane gagne de l'énergie potentielle**.



Diastole : Arrêt du flot sanguin sortant du ventricule et fermeture de la valve aortique.

Pression produite par : La membrane de l'aorte (elle est étirée).

Élasticité de l'aorte : **Réduction** de l'étirement de l'aorte, car l'aorte applique une force sur le sang ce qui produit la pression. La **membrane perd de l'énergie potentielle**.



Vitesse du sang dans les vaisseaux et pression dans les vaisseaux

La pression à l'intérieur des vaisseaux sanguins n'est pas constante, car il y a écoulement du sang. La perte de pression dans les différents vaisseaux sanguins dépend du débit et de la résistance du vaisseau. Si le débit est laminaire (non turbulent), nous avons la relation suivante :

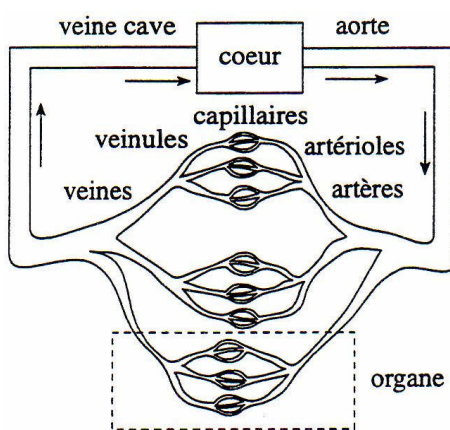
$$\Delta P = -R D \quad \text{où} \quad R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

(Loi de Poiseuille)

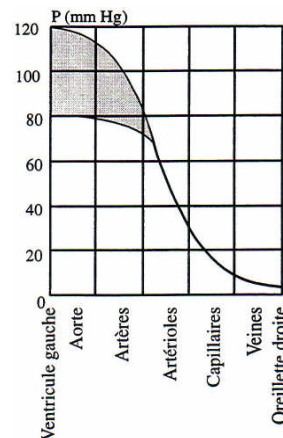
- ❖ Petit vaisseau $\Rightarrow$ petit rayon $r \Rightarrow$ grande résistance R
- ❖ Grand vaisseau $\Rightarrow$ grand rayon $r \Rightarrow$ petite résistance R

Puisque les vaisseaux n'ont pas tous la même taille, la **variation de pression n'est pas constante tout au long de l'écoulement**. La **plus grande variation de pression** est observée dans les **artérioles** et les **capillaires** (petit rayon, grande résistance) :

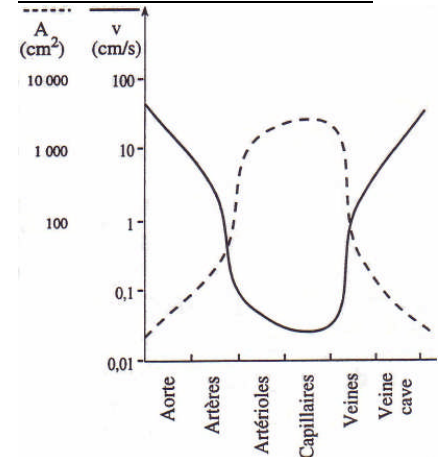
Schéma des vaisseaux sanguins



Variation de la pression



Vitesse v et surface totale A



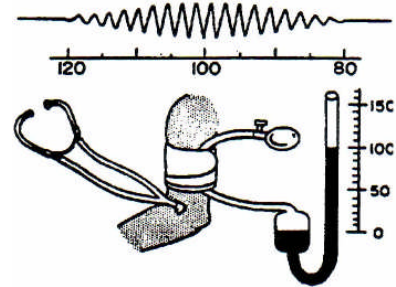
- ❖ Le rayon de l'aorte est beaucoup plus grand que le rayon d'un capillaire, mais le grand nombre de capillaires fait en sorte que la section de surface totale des capillaires est beaucoup plus grande que celle de l'aorte.
- ❖ Même si les **artérioles** et les **capillaires** sont très nombreux pour séparer le débit provenant de l'aorte, ils représentent quand même la **moitié** de la **résistance totale** de l'ensemble des vaisseaux.
- ❖ La **vitesse** du sang est **très lente** dans les **capillaires** ce qui **favorise** les **échanges** (oxygène, CO_2 , aliments, déchets) **par diffusion** entre le sang et les cellules.
- ❖ Puisque la pression est élevée dans les artères et faible dans les veines, l'évolution humaine a favorisé l'organisation suivante : **artères à l'intérieur du corps** et **veines en surface du corps** (moins de dommage lors d'une coupure).

Sphygmomanomètre

Le sphygmomanomètre est un appareil permettant de mesurer les pressions systolique et diastolique à l'artère brachiale (l'artère dans le bras).

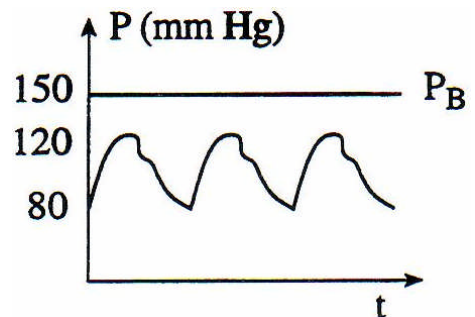
Pourquoi mesurer la pression dans le bras ?

- 1) Cette pression est comparable à la pression cardiaque, puisque le bras est à la même hauteur que le cœur (même pression hydrostatique).
- 2) La perte de pression causée par l'écoulement du sang dans les artères est relativement faible (même pression hydrodynamique).

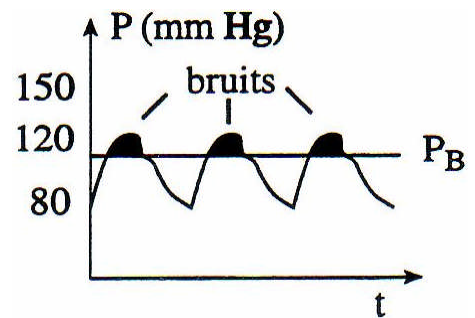


Fonctionnement :

- 1) Gonfler le brassard.
 - Hausse de la pression relative jusqu'à 150 mm Hg.
 - Pression relative supérieure à la pression systolique.
 - L'artère brachiale est trop comprimée et le sang ne circule plus dans l'avant-bras.



- 2) Laisser échapper un peu d'air du brassard.
 - Pression relative égale à la pression systolique.
 - L'artère peut prendre un peu d'expansion.
 - L'écoulement du sang s'effectue avec turbulence, car la vitesse du sang est très élevée en raison de la grande résistance occasionnée par le petit rayon de l'artère.
 - Formation de bruits que l'on peut entendre avec un stéthoscope.
 - **Donc :** On détecte la pression systolique lorsqu'il y a formation de bruits.



- 3) Laisser échapper l'air du brassard.
 - Pression relative égale à la pression diastolique.
 - L'artère peut reprendre son extension normale.
 - L'écoulement du sang s'effectue sans turbulence (écoulement laminaire).
 - Les bruits disparaissent.
 - **Donc :** On détecte la pression diastolique lorsqu'il n'y a plus présence de bruits.

