

# PRESSION ET CIRCULATION SANGUINE

## Les notions indispensables

### PRESSION D'UN FLUIDE

#### ■ 1. Force

Pour mettre en mouvement un objet, déformer un objet, modifier le mouvement d'un objet ; il est nécessaire de faire subir à celui-ci une action mécanique (avec ou sans contact).

Pour décrire cette action mécanique, on utilise la notion de force. Cette force sera décrite par quatre caractéristiques :

- un point d'application (point où se produit l'action)
- une direction (droite d'action)
- un sens (de ... vers ...)
- une intensité ou norme (exprimé en Newton (N)).

On symbolise cette force par un vecteur  $\vec{F}$ .

#### ■ 2. Définitions

##### • Fluide

Un solide a une forme propre qui permet de le reconnaître.

Un liquide ou un gaz n'ont pas de forme propre, ils prennent la forme du récipient qui les contient, ils sont déformables sous la moindre action.

Un liquide et un gaz ont des différences : un liquide, contrairement à un gaz, a un volume défini, il ne remplit pas tout le volume du récipient.

- Pression

La pression en un point, notée  $P$ , est égale à la valeur de la force pressante  $F$  exercée sur une surface donnée divisée par l'aire  $S$  de cette surface, soit :

$$P = \frac{F}{S}$$

$F$  en newton (N)

$S$  en  $m^2$

$P$  en pascal (Pa).

- Unités de pression

Plusieurs unités existent :

- le pascal (Pa) : unité du système international (SI)
- le bar (bar) et son sous multiple le millibar (mbar)
- le millimètre de mercure ou torr
- l'atmosphère (atm).

La correspondance entre les différentes unités :

1 bar =  $10^5$  Pa = 1000 mbar  $\approx$  750 mm de mercure  $\approx$  0,987 atm.

La pression atmosphérique est la pression exercée par l'atmosphère à la surface de la terre. Au niveau de la mer cette pression est équivalente à celle exercée par une colonne d'environ 760 mm de mercure. Elle varie tous les jours légèrement, elle est néanmoins toujours voisine de 1 bar.

On s'intéressera uniquement à des liquides assimilés à des fluides incompressibles.

- Masse volumique - densité

La masse volumique  $\rho$  est donnée par la relation :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\rho$  en  $kg.m^3$  ;  $m$  la masse en kg ;  $V$  le volume en  $m^3$ .

La densité est le rapport entre la masse d'un certain volume de matière sur le même volume d'eau, comme le volume est le même on utilise un rapport de densité :

$$d = \frac{\rho}{\rho_{eau}} \quad (\text{sans unité})$$

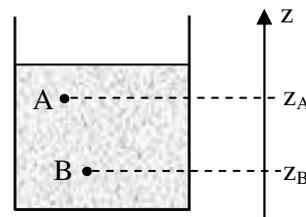
### ■ 3. Principe fondamental de l'hydrostatique

Un fluide est en équilibre dans le champ de pesanteur. Dans un repère  $O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  avec l'axe des  $z$  orienté vers le haut, on peut établir la relation :

Cette définition est valable uniquement pour les fluides incompressibles.

$$p_B - p_A = -\rho g(z_B - z_A) \quad ; \quad \text{on pose } h = z_A - z_B$$

$$p_B - p_A = \rho gh$$



$\rho$  : masse volumique du liquide en  $\text{kg/m}^3$

$g$  : accélération de la pesanteur en  $\text{m/s}^2$  ou  $\text{N.kg}^{-1}$ .

$z_A$  et  $z_B$  altitudes du point A et du point B en m

$h$  : distance verticale entre A et B en m

$P_A$  et  $P_B$  pression absolue au point A et au point B en Pa.

Attention, bien prendre l'axe des  $z$  orienté vers le haut.

- Conséquences

Dans un fluide la pression augmente du haut vers le bas.

Les surfaces isobares sont des plans horizontaux.

Pour deux fluides non miscibles, la surface de séparation correspond à un plan horizontal.

A profondeur égale, la pression augmente avec la masse volumique.

#### ■ 4. Tension artérielle

La tension artérielle  $T$  correspond à la différence de pression qu'exerce le sang sur la paroi des artères et la pression atmosphérique.

$$T = p_{\text{artérielle}} - p_{\text{atm}}$$

Lors d'un cycle cardiaque, la tension passe par un maximum que l'on nomme tension systolique et par un minimum que l'on nomme tension diastolique.

Pour un examen, la tension artérielle est toujours prise au niveau du bras, l'individu étant allongé (pas de différence de pression car  $h = 0$ ).

Pour un individu debout, la pression augmente du crâne vers les pieds.

### ÉCOULEMENT STATIONNAIRE D'UN FLUIDE

L'écoulement d'un fluide est dit stationnaire si, dans une canalisation, la vitesse du fluide en différents points reste constante au cours du temps.

- Débit volumique

Le débit volumique d'un liquide, noté  $D_v$ , est le volume de liquide  $V$  traversant une section donnée d'une canalisation pendant l'unité de temps choisie  $\Delta t$  (heure, minute, seconde ...).

$$D_v = \frac{V}{\Delta t}$$

$V$  en  $\text{m}^3$

$\Delta t$  en h, min, s...

$D_v$  en  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{m}^3/\text{min}$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

- Débit massique

Le débit massique d'un liquide, noté  $D_m$ , est la masse  $m$  de liquide traversant une section donnée d'une canalisation pendant l'unité de temps choisie  $\Delta t$  (heure, minute, seconde ...).

$$D_m = \frac{m}{\Delta t}$$

m en kg

$\Delta t$  en h, min, s...

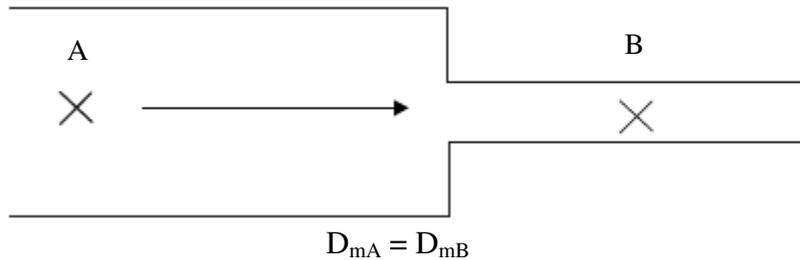
$D_m$  en kg/h, kg/min, kg/s.

Remarque :  $m = \rho \times V \Rightarrow$

$$D_m = \rho \times D_v$$

- Conservation de la masse

Lors de l'écoulement d'un liquide dans un réseau de canalisations, il y a conservation de la matière entre deux points A et B : les débits massiques sont identiques entre les deux points.



En ajoutant l'hypothèse de fluide incompressible, les débits volumiques sont constants le long de l'écoulement.

$$D_{mA} = D_{mB} \Leftrightarrow \rho_A D_{VA} = \rho_B D_{VB}$$

$$D_{VA} = D_{VB} \text{ car } \rho_A = \rho_B$$

- Vitesse d'écoulement

La vitesse moyenne  $v$  du liquide dans une canalisation est donnée par la relation :

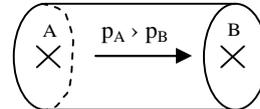
$$v = \frac{D}{S}$$

Unité :  $v$  en  $m \cdot s^{-1}$  ;  $D$  en  $m^3 \cdot s^{-1}$  ;  $S$  en  $m^2$ .

- Résistance d'écoulement

Si un liquide visqueux s'écoule dans un tuyau, c'est parce qu'il existe une chute de pression dans le sens où le fluide s'écoule.

Exemple : Si dans ce tuyau la pression en A est plus forte qu'en B, alors le fluide va s'écouler de A vers B.



On peut connaître le débit en volume d'un liquide en mesurant cette chute de pression. En effet, le débit en volume  $D$  est proportionnel à la chute de pression encore appelée perte de charge  $\Delta p$  et on appelle l'inverse du

coefficient de proportionnalité, la résistance hydraulique  $R$  :  $D = \frac{\Delta p}{R}$

avec  $D$  en  $m^3 \cdot s^{-1}$ ,  $\Delta p$  en Pa et  $R$  en unité du système international (SI).

Remarque : La résistance hydraulique est spécifique du liquide et du tuyau considéré.

## Les annales

### METROPOLE SEPTEMBRE 2010

#### *Prise de sang et perfusion*

*Données :*

1 cm de mercure correspond à 1333 Pa.

Pression atmosphérique : 101 300 Pa.

1. Un médecin prend en charge l'étudiant dont il mesure la tension artérielle, IL lit une tension maximale de 11 cm de mercure et une tension minimale de 8 cm de mercure.
  - a) Parmi les propositions suivantes, recopier la relation qui permet de calculer la tension artérielle T en un point de l'appareil circulatoire :
    - $T = p_{\text{atmosphérique}} - p_{\text{artérielle}}$
    - $T = p_{\text{artérielle}}$
    - $T = p_{\text{artérielle}} - p_{\text{atmosphérique}}$
  - b) Convertir la tension artérielle maximale de l'étudiant en pascal.
  - c) Vérifier, en posant le calcul, que la pression maximale du sang dans les artères est d'environ de  $1,16 \times 10^5$  Pa.
2. Pour traiter l'étudiant, le médecin préconise une perfusion intraveineuse. L'infirmier accroche la poche de solution à perfuser à une patère : il indique que l'étudiant ne doit pas déplacer cette poche. La surface libre du liquide se trouve au point A et l'aiguille au point B (le point A est au-dessus du point B).

*Données :*

Loi fondamentale de la statique des fluides :  $p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot h$ .

Pour la solution à perfuser :  $\rho = 1050 \text{ S.I}$  ;  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ .

- a) Nommer les grandeurs  $\rho$ ,  $g$ ,  $h$ . Indiquer les unités de  $\rho$  et de  $h$ , utilisées dans la loi fondamentale de la statique des fluides.
- b) La différence de pression  $\Delta p$  entre les points A et B doit être au moins égale à la tension veineuse soit 8000 Pa.  
Calculer la valeur minimale de  $h$  entre les points A et B pour que le liquide pénètre dans la veine.
3. Afin d'effectuer un bilan de santé, le médecin réalise une prise de sang. Il remplit un flacon de volume  $V = 10 \text{ ml}$ , de sang en une durée  $\Delta t = 1 \text{ min}$ .
  - a) Définir le débit volumique.
  - b) Calculer, en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , le débit volumique lors de la prise de sang.

*Donnée :*  $1 \text{ mL} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ .

- c) Sachant que la section S du flacon est égale à  $1,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , calculer en unité S.I la vitesse  $v$  d'écoulement du sang lors de la prise de sang.

*Donnée :*

Relation entre le débit et la vitesse d'écoulement  $D = S \times v$ .

## ANTILLES 2010

### *Injection du liquide*

L'élève se rend alors dans la salle de préparation à l'examen ; l'infirmière lui injecte par voie intraveineuse un liquide contenant un traceur radioactif à l'aide d'une seringue.

1. La pression sanguine de sa veine est  $p_s = 720 \text{ Pa}$ . Quelle pression minimale  $p$ , l'infirmière devrait-elle exercer sur le piston de la seringue pour injecter le liquide radioactif dans la veine ?
2. L'aire  $S$  du piston de la seringue est égale à  $1,5 \text{ cm}^2$ . En fait l'infirmière doit exercer une pression  $p = 3200 \text{ Pa}$  de façon à vaincre la perte de charge dans l'aiguille qui est très fine. Calculer la valeur de la force  $F$  qu'exerce le pouce de l'infirmière sur le piston et préciser son unité dans le système international (S.I).

Rappels :  $p = F/S$ ,  $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ .

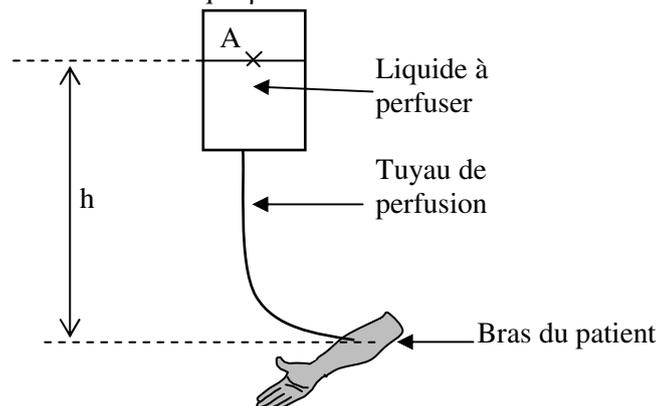
## POLYNESIE 2010

### *Ecoulement des liquides*

La poche contenant la solution à perfuser est placée à une hauteur  $h$  au-dessus du bras du malade. Le niveau du liquide à perfuser est horizontal et à la pression atmosphérique  $p_{\text{air}} = 101\,300 \text{ Pa}$ .

On considère un point A à la surface de ce liquide. On a donc  $p_{\text{atm}} = p_A$ .

Un cathéter est placé dans le bras du patient, en un point B où la pression vaut  $p_B = 111\,300 \text{ Pa}$ . La poche contient un volume  $V = 100 \text{ mL}$  de solution à perfuser de masse volumique  $\rho = 1000 \text{ S.I.}$



Les parties A et B sont indépendantes.

#### **Partie A : pression dans le liquide**

On rappelle que la différence de pression entre deux points A et B d'un liquide au repos est donnée par la relation :

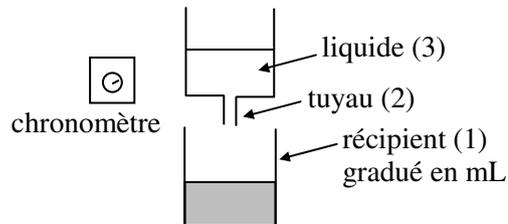
$$p_B - p_A = \rho gh \text{ avec } g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}.$$

1. Indiquer l'unité de la masse volumique dans le système international (S.I).
2. Calculer la différence de pression  $\Delta p$  entre les points A et B.
3. Calculer la dénivellation  $h$  entre les deux points A et B.

### Partie B : écoulement du liquide

La solution à perfuser a un débit  $D$  constant égal à  $1,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

1. Donner la relation liant le débit  $D$ , le volume  $V$  et le temps d'écoulement  $\Delta t$ . Préciser les unités à utiliser pour exprimer  $V$  et  $\Delta t$ .
2. Calculer la durée nécessaire pour vider la poche de solution de volume  $V = 100 \text{ mL}$ . Donnée :  $1 \text{ mL} = 10^{-6} \text{ m}^3$ .
3. La résistance hydraulique entraîne une perte de charge dans le tuyau où s'écoule le liquide à perfuser,  
Pour étudier expérimentalement l'influence de différents facteurs sur la résistance hydraulique, on utilise le matériel ci-dessous :



- a) Pourquoi utilise-t-on un chronomètre et un récipient gradué ?
  - b) On souhaite déterminer expérimentalement l'influence de la nature du liquide sur la résistance hydraulique. Nommer l'élément du montage à modifier et préciser le numéro correspondant.
  - c) Citer un facteur, autre que la nature du liquide ayant une influence sur la résistance hydraulique.
4. La relation qui lie le débit  $D$ , la vitesse moyenne  $v$  du liquide à perfuser et la section du tuyau est:

$$D = S \cdot v$$

La vitesse moyenne d'écoulement du liquide dans le tuyau est  $v = 1,0 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

- a) Calculer la section  $S$  du tuyau.
- b) Vérifier que la valeur de  $S$  est égale à  $1,4 \text{ mm}^2$ .  
Donnée :  $10^{-6} \text{ m}^2 = 1 \text{ mm}^2$ .

## METROPOLE 2011

Afin de se détendre, l'étudiant se rend à la piscine.

1. Avant de se mettre à l'eau, il prend son pouls au repos. Sa fréquence cardiaque est de 60 battements par minute.  
Chaque battement du cœur envoie 80 mL de sang dans l'aorte.
- a) Calculer le débit sanguin  $D$  au repos en  $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Après avoir effectué quelques brasses, la fréquence cardiaque de l'étudiant augmente.

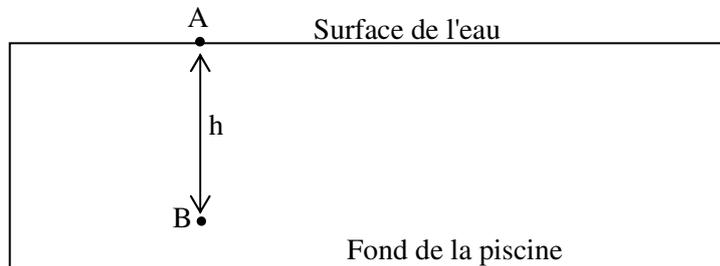
Le débit sanguin est maintenant de  $9,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  soit  $1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

- b) La section de l'aorte est  $S = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , calculer alors la vitesse d'éjection  $v$  du sang dans l'aorte.

Donnée :  $D = S\cdot v$ .

En fin de séance, l'étudiant plonge et éprouve alors une gêne à l'oreille. Il se renseigne sur la cause de cette gêne. Celle-ci est due à la pression qu'exerce l'eau sur le tympan.

2. Soit A un point à la surface de l'eau et B le point atteint par l'étudiant.



Profondeur de plongée

Entre deux points A et B d'un fluide, la différence de pression est :

$$\Delta p = p_B - p_A = \rho g h$$

$\rho$  étant la masse volumique du fluide :  $h$  étant le dénivelé entre le point B et le point A appartenant au fluide, avec B au-dessous de A.

- a) Parmi les formules ci-dessous, recopier celle qui correspond à la définition de la masse volumique  $\rho$  d'une substance.

$$\textcircled{1} \rho = m \times V ; \textcircled{2} \rho = \frac{m}{V} ; \textcircled{3} \rho = \frac{V}{m}$$

- b) Donner l'unité de la masse volumique dans le système international (S.I).  
 c) Calculer la différence de pression  $\Delta p$  entre A et B quand l'étudiant est à une profondeur  $h = 2,0 \text{ m}$ . (Voir le schéma décrivant la profondeur de plongée en début de question 2).

Données :  $g = 10 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\rho = 1000 \text{ S.I}$ .

- d) La pression en A est  $p_A = 101300 \text{ Pa}$ , Montrer que la pression qui s'exerce sur le tympan en B est  $p_B = 121300 \text{ Pa}$ .  
 e) La surface du tympan est  $S = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ . Calculer la valeur de la force pressante exercée par l'eau sur le tympan au point B.