



Biophysique de la Circulation

Mécanique des Fluides

La circulation sanguine

Anthime Flaus

Marc Janier

Service de Médecine Nucléaire

Hôpital GHE - cardiologie

Faculté Lyon-Est



1

HYDRODYNAMIQUE

Analogie électrique

- Notion de résistance au débit = loi d'Ohm hydraulique

$$\begin{aligned} \text{Perte de charge} &= \text{Résistance} * \text{Débit de fluide} \\ \Delta P &= [(8 \eta l) / \pi r_0^4] * D \end{aligned}$$

- Analogie avec la loi d'Ohm

$$\begin{aligned} \text{Différence de potentiel} &= \text{Résistance} * \text{Débit de charge} \\ \Delta V &= R * I \end{aligned}$$

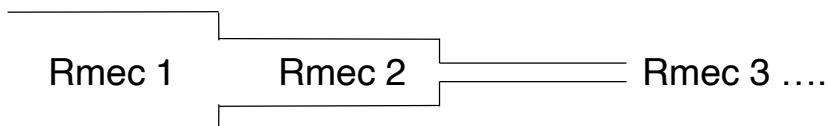
La résistance R est une fonction linéaire de η . Un liquide très visqueux s'écoule difficilement, alors que si η est négligeable on retrouve le supraconducteur (Bernouilli).

2

HYDRODYNAMIQUE

Caractérisation et quantification des écoulements

- Conséquence #1 : cas des conduits en série



$$R_{mec\ total} = R_{mec\ 1} + R_{mec\ 2} + R_{mec\ 3} \dots$$

La résistance totale au débit à travers des éléments successifs en série équivaut à la somme des résistances de chaque élément

3

3

Association de résistance en série

Les 3 résistances sont traversées par le même débit D
(= courant d'intensité I)

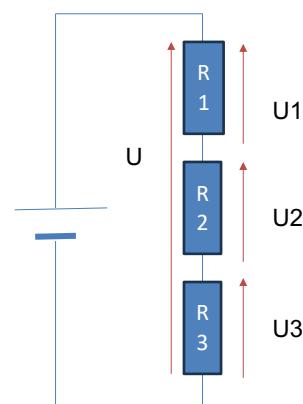
La loi d'Ohm hydraulique appliquée à chaque résistance donne :

$$P_1 = R_1 * D ; P_2 = R_2 * D ; P_3 = R_3 * D$$

La pression de l'ensemble est égale à la somme des pressions aux bornes de chaque résistance
(= tension U aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque avec $U = U_1 + U_2 + U_3$)

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = R_1 * D + R_2 * D + R_3 * D = (R_1 + R_2 + R_3) * D$$

La résistance équivalente vaut donc $R = R_1 + R_2 + R_3$

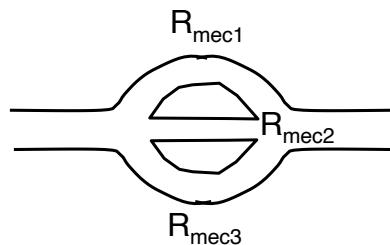


4

HYDRODYNAMIQUE

Caractérisation et quantification des écoulements

- Conséquence #2 : cas des conduits en parallèle



$$1/R_{mecTot} = 1/R_{mec1} + 1/R_{mec2} + 1/R_{mec3} \dots$$

- Si association résistance en parallèle et en série, il faut utiliser les 2 règles d'addition

4

5

Association de résistance en dérivation

Les 3 résistances sont soumises à la même pression (= tension U)

Le débit principal D est égal à la somme des débits de chaque branche avec $D = D_1 + D_2 + D_3$

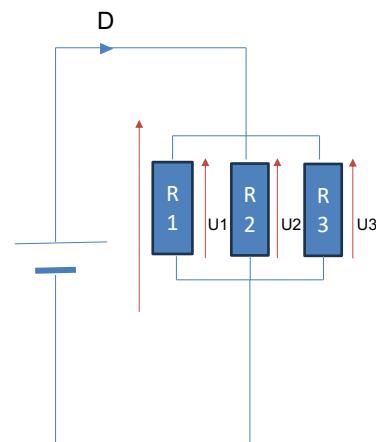
La loi d'Ohm hydraulique appliquée à chaque résistance donne :

$$P_1 = R_1 * D_1 ; P_2 = R_2 * D_2 ; P_3 = R_3 * D_3 \text{ avec } P_1 = P_2 = P_3 = P$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = P/R_1 + P/R_2 + P/R_3$$

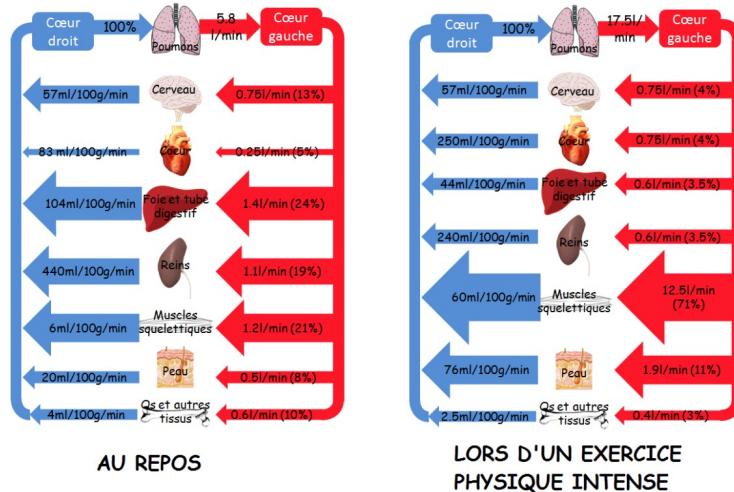
$$D = P (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

La résistance équivalente vaut donc :
 $1/R = (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$



6

Variation du débit sanguin



https://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/act4_Debit_sanguin_1.html

7

Le rôle des parois vasculaires

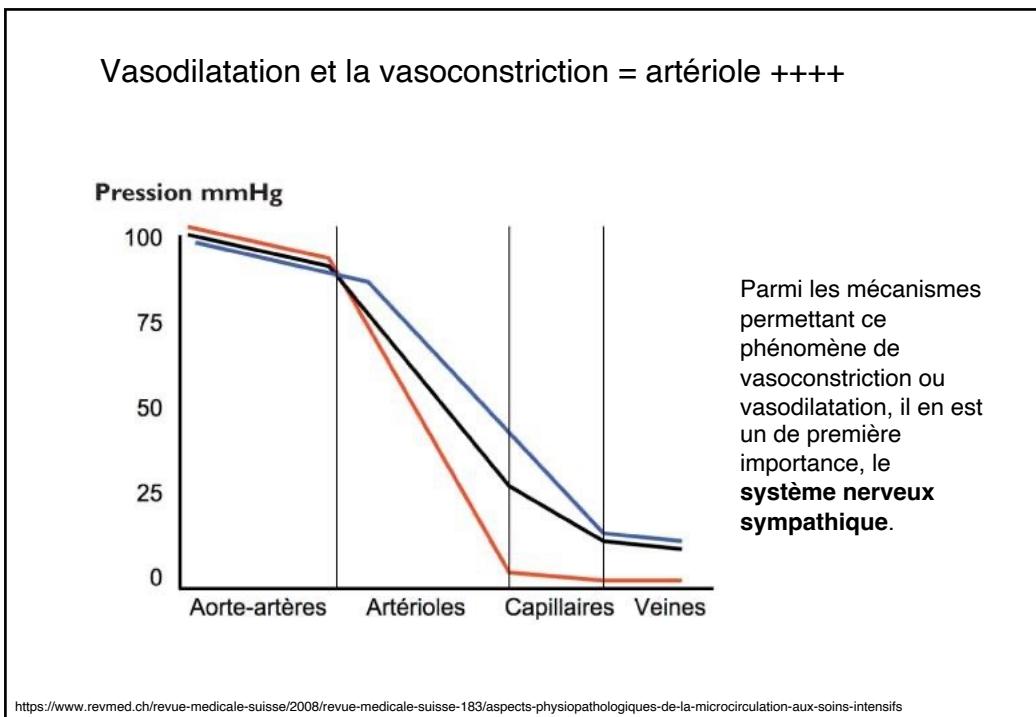
$$\text{Débit de fluide} = \frac{\text{Perte de charge}}{\text{Résistance}} \quad / \quad D = \frac{\Delta P}{R}$$

$$\text{Selon la loi de Poiseuille } Q = \frac{\pi}{8\eta l} r^4$$

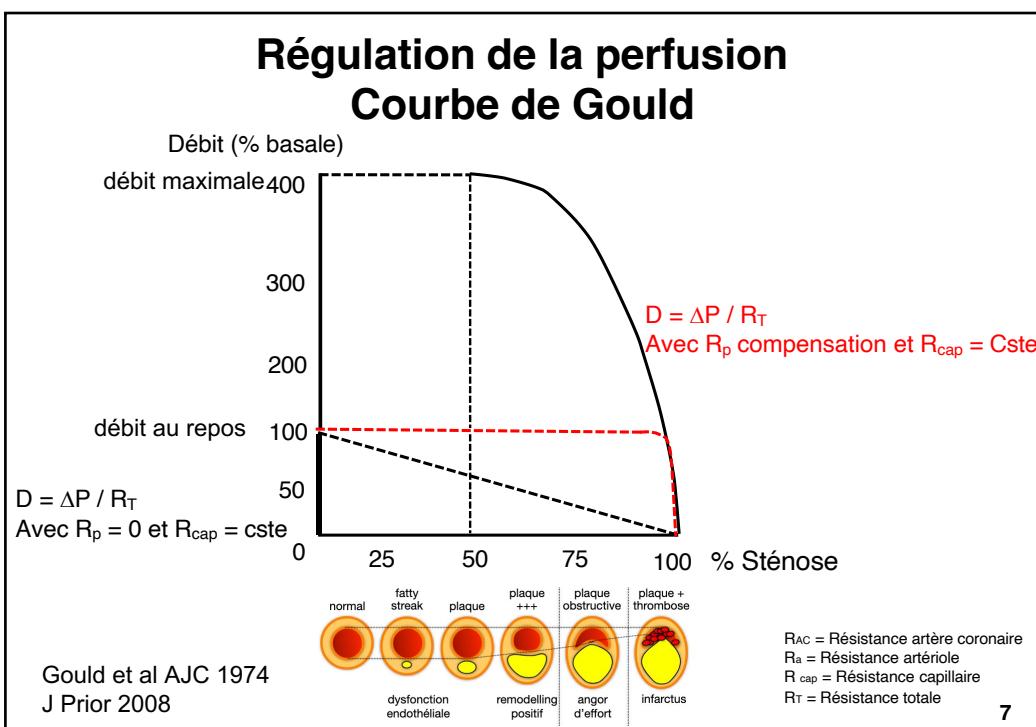
Les parois vasculaires influencent la régulation du débit via des mécanismes comme la vasodilatation et la vasoconstriction. Ces adaptations permettent une perfusion adaptée, notamment lors de l'effort.

6

8

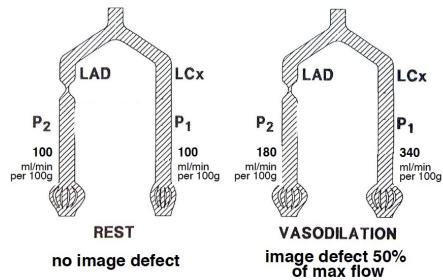


9

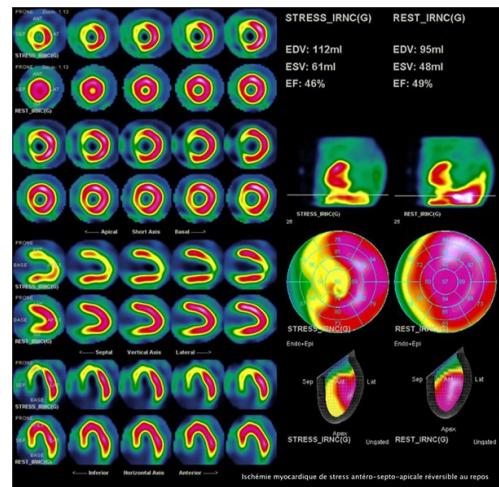


12

Principe de l'imagerie de perfusion en scintigraphie



La perfusion est généralement exprimée en termes de débit sanguin par unité de masse de tissu (ml/min/g) : $D = \Delta P / R$



https://veccsa.com/_stagev/portfolio_page/d-spect-2/
<https://www.fedecardio.org/je-m-informe/la-scintigraphie-myocardique/>
<https://www.scintiazur.fr/scintigraphie-cardiaque-dans-le-06-pres-du-83>