



Université Claude Bernard Lyon 1



# 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

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

- Analogie avec la loi d'Ohm

$$\begin{array}{rclcl} \text{Différence de potentiel} & = & \text{Résistance} & * & \text{Debit de charge} \\ \Delta V & = & R & * & I \end{array}$$

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

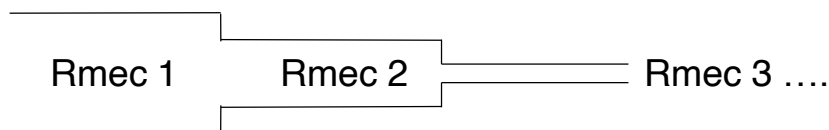
2

2

## HYDRODYNAMIQUE

Caractérisation et quantification des écoulements

- Conséquence #1 : cas des conduits en série



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

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  $I$ )

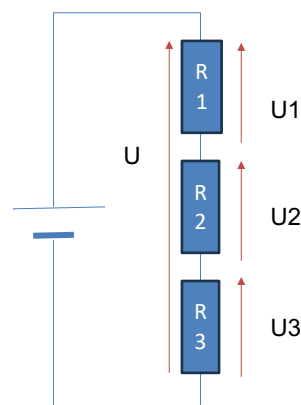
La loi d'Ohm hydraulique appliquée à chaque résistance donne :

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

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  $R = R_1 + R_2 + R_3$

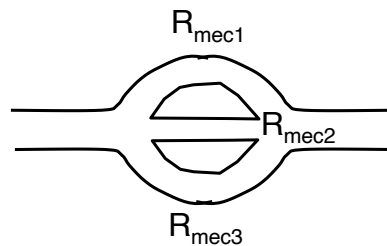


4

## HYDRODYNAMIQUE

Caractérisation et quantification des écoulements

- Conséquence #2 : cas des conduits en parallèle



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

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

4

5

### Association de résistance en dérivation

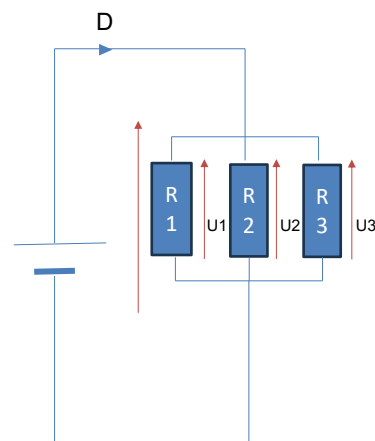
Les 3 résistances sont soumises à la même pression  
(= tension U)  
Le débit principal D est égal à la somme des débits  
de chaque branche avec  $D = D_1 + D_2 + D_3$

La loi d'Ohm hydraulique appliquée à chaque  
résistance donne :  
 $P_1 = R_1 \cdot D_1$  ;  $P_2 = R_2 \cdot D_2$  ;  $P_3 = R_3 \cdot D_3$  avec  $P_1 = P_2 = P_3 = P$

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

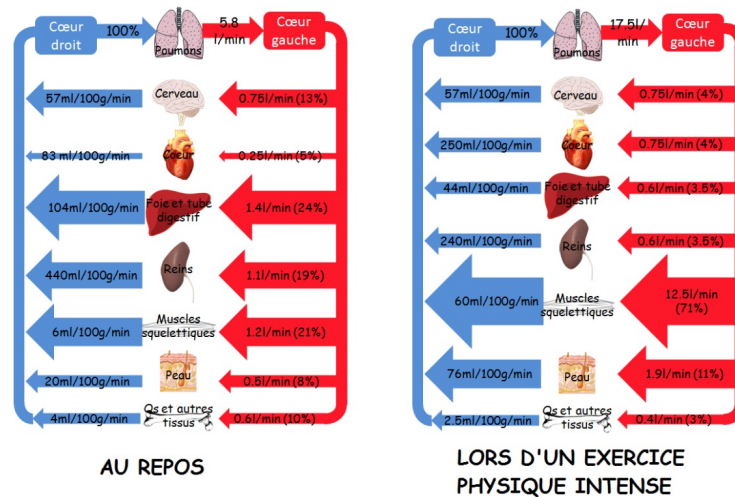
$$D = P (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

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](https://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/act4_Debit_sanguin_1.html)

7

## Le rôle des parois vasculaires

$$\text{Débit de fluide} = \text{Perte de charge} / \text{Résistance}$$

$$D = \Delta P / R$$

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

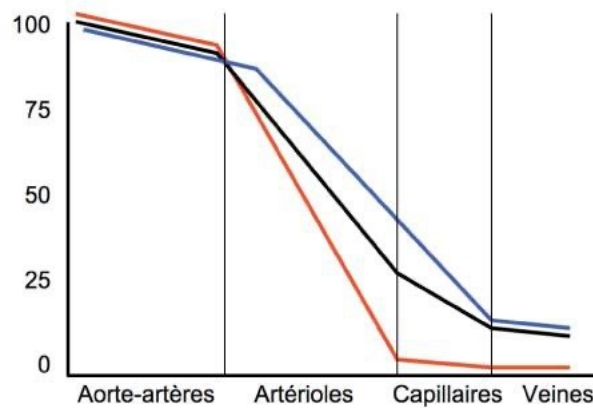
Les parois vasculaires influencent la régulation du débit via des mécanismes comme la vasodilatation et la vasoconstriction. Ces adaptations permettent une perfusion adaptée, notamment lors de l'effort.

6

8

### Vasodilatation et la vasoconstriction = artériole +++++

Pression mmHg

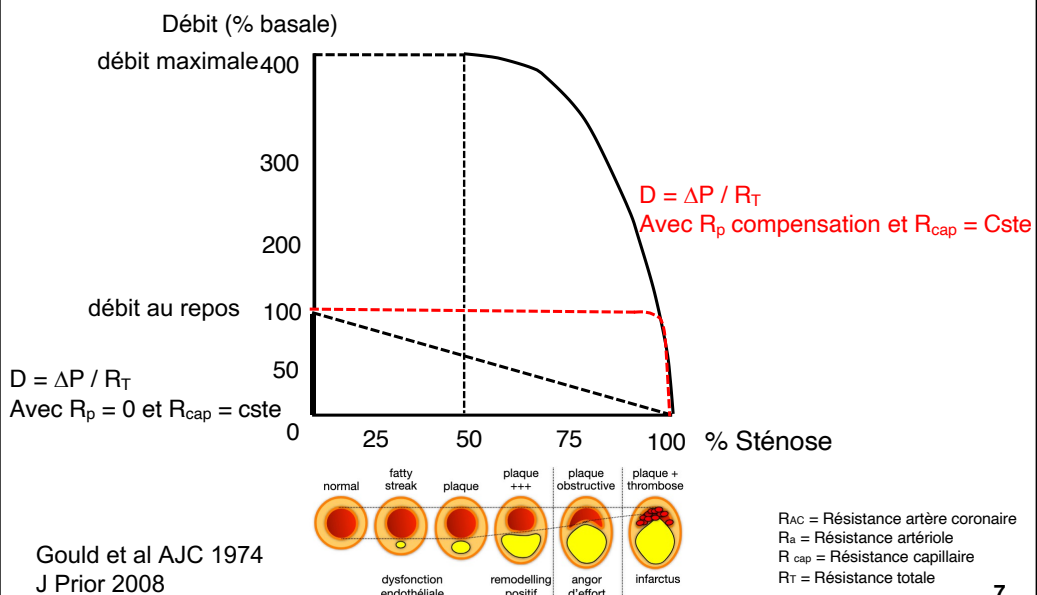


Parmi les mécanismes permettant ce phénomène de vasoconstriction ou vasodilatation, il en est un de première importance, le **système nerveux sympathique**.

<https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2008/revue-medicale-suisse-183/aspects-physiopathologiques-de-la-microcirculation-aux-soins-intensifs>

9

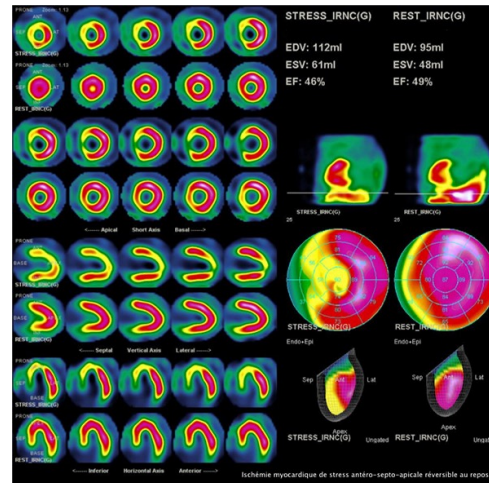
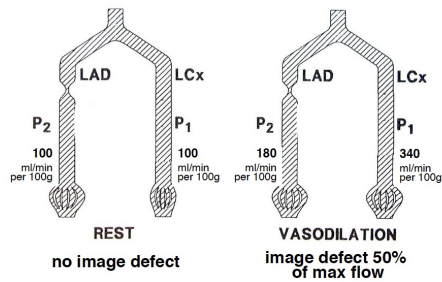
### Régulation de la perfusion Courbe de Gould



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://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>