

Hémodynamique du réseau artériel : théorie et applications

Pierre-Yves Lagrée, José Maria Fullana

❖ Réseaux artériels 1D

- Équation solide : parois artérielles élastiques

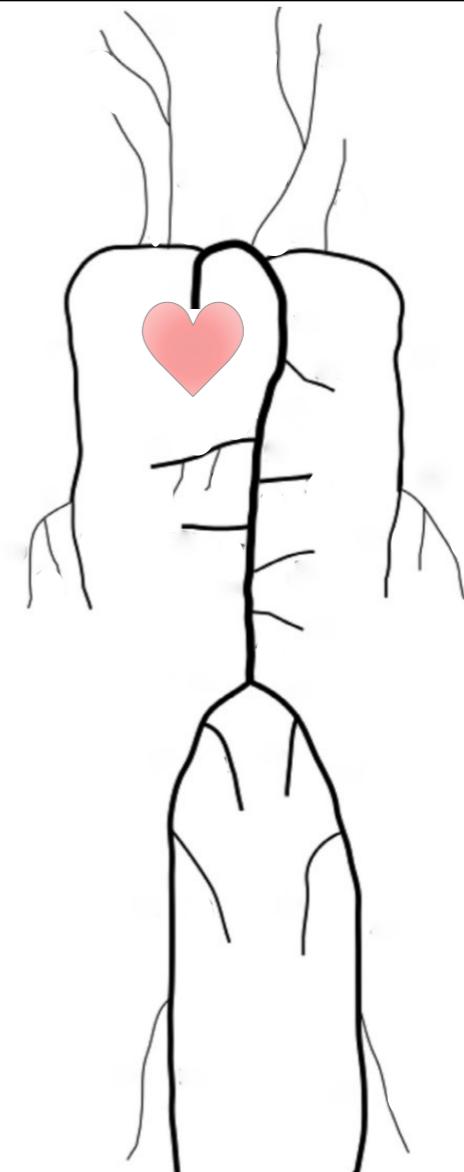
$$p - p_{ext} = K_a \left(\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A_0}} - 1 \right)$$

- Équations fluide : Navier-Stokes cylindriques intégrées sur une section

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{Q^2}{A} + \frac{A}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = -C_f \frac{Q}{A}$$

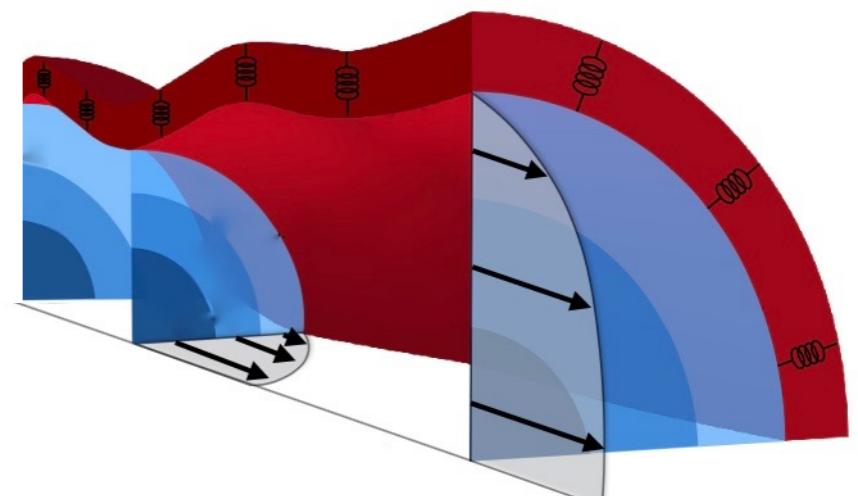
- Méthode des volumes finis



→ Validation du modèle sur des données réelles de cas clinique

❖ Modèle 2D multi-anneaux

- Équations fluide : Navier-Stokes cylindriques intégrées sur des cercles concentriques



Théorie

- ❖ Développer un modèle 0D pour le cœur et pour les artérioles/capillaires

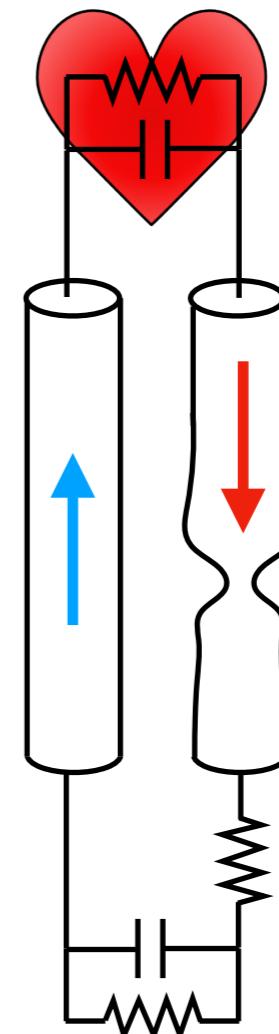
- Modèle RC, modèle de windkessel...

- ❖ Développer un modèle de veines 1D

- Équation solide différente pour les veines et les artères

$$p - p_{ext} = K_v \left(\frac{A}{A_0} \right)^{-\frac{3}{2}}$$

- Présence de valves dans les veines



Couplage 0D/1D

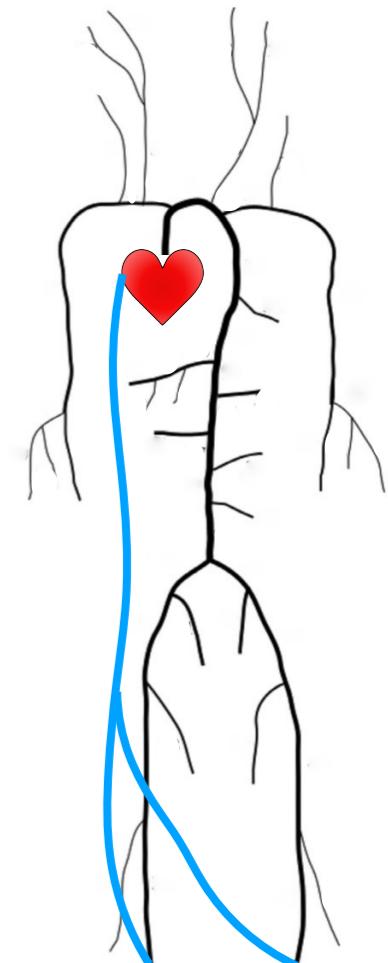
Couplage 1D/2D

→ Coupler ces modèles

- ❖ Fermer le réseau artériel avec le modèle de cœur et un réseau veineux minimal

- ❖ Développer un modèle d'artère hyper-élastique

- Loi de Varga, Neo-Hooke...



Applications

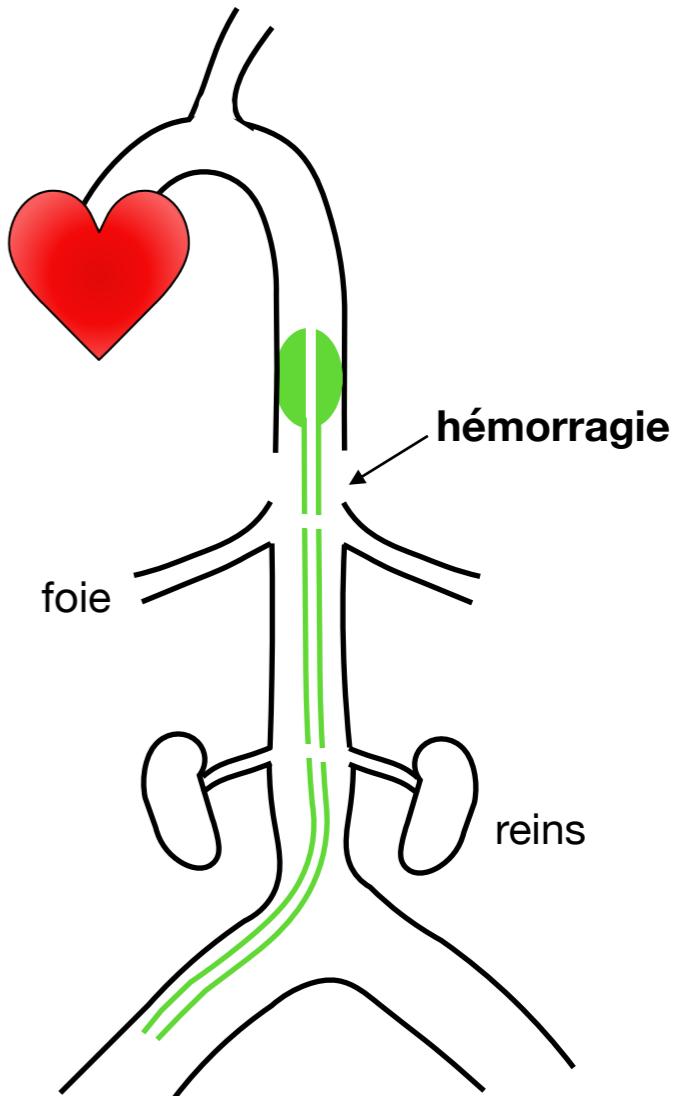
- ❖ Développer un système d'urgence de contrôle des hémorragies pour des blessés par balle

Problématique : les organes ont une durée de vie de 30 minutes sans être irrigués

Idée : gonfler un ballon dans l'aorte en amont de l'hémorragie

Objectif : dimensionner le dispositif permettant de contrôler l'hémorragie en maintenant un débit minimal qui irrigue les organes vitaux

Collaboration : Hôpital militaire de Percy (Clamart)



- ❖ Calculer le saut de pression dans une sténose à partir d'IRM cardiaque

Problématique : mesures du saut de pression invasives

Idée : résolution d'un problème inverse avec le modèle 2D multi-anneaux

Collaboration : Hôpital Necker (Paris)

