

Objet : développement d'un modèle hémodynamique et résolution numérique
Objectifs : implémentation de ce modèle et estimation des paramètres pour expliquer des données

Développer un modèle hémodynamique

1. En utilisant votre cours, donner les équations d'un circuit RCR représentant un ensemble de vaisseaux sanguins
2. Implémenter ce modèle, en utilisant la fonction *inletP* qui donne une pression d'entrée en fonction du temps en mmHg (fichier Moodle *inletP.py*), on supposera la pression de sortie constante
3. Faire une fonction *computeQ(t, P, param)* qui calcule le flux en entrée aux temps t (ce flux est fonction du temps, d'un paramètre, de la solution P du modèle RCR et de la pression d'entrée *inletP*)
4. Représenter le flux en entrée au cours du temps
5. Faire varier la pression de sortie et les paramètres, pour observer comment cela impacte le flux en entrée
6. Faire varier la condition initiale, que remarquez vous ?

Estimation des paramètres du modèle

1. Avec le modèle RCR précédent, choisir des valeurs de paramètres et simuler la courbe de flux d'entrée Q_{in}
2. Conserver la dernière période de Q_{in} (la durée d'une période est "cachée" dans la fonction *inletP*)
3. Ajouter un bruit à ce flux pour obtenir une donnée synthétique (simulation du modèle + bruit) et représenter les données bruitées et non bruitées sur la même figure (ajuster le niveau de bruit)
4. Ecrire une fonction *distance(param, x0, t, obs)*, où
 - *param* contient les paramètres à estimer (les 2 résistances et la capacitance)
 - $x0$ est la condition initiale du modèle, que l'on suppose connue
 - t le vecteur de temps où on calcule la solution (= temps observées)
 - *obs* le vecteur d'observation Q_{in} (attention ce n'est pas directement une solution du modèle)
5. Avec vos données bruitées, et la condition initiale choisie pour les générer, estimer les valeurs des paramètres du modèle, comparer votre estimation avec les valeurs de paramètres choisies pour générer la donnée synthétique
6. Tracer le flux d'entrée obtenu avec vos paramètres estimés et votre donnée synthétique sur la même figure, qu'en pensez vous ?

Avec une mesure réelle

Nous avons fait des mesures chez un animal de flux et de pression au cours du temps dans l'artère hépatique (entrée du foie) (*PressionAnim1.txt* et *FlowAnim1.txt* disponibles sur Moodle). Nous souhaitons savoir si nous pouvons représenter l'arbre artériel hépatique par un circuit RCR et si oui, quelles sont les valeurs des résistances et de la

capacitance. Comme précédemment nous supposons que la pression en entrée est connue et que le flux d'entrée est observé. La pression de sortie est supposée constante et nulle.

1. Récupérer sur Moodle, les fichiers de données *PressionAnim1.txt* et le code qui donne la pression en entrée aux temps t qui est dans le fichier *experimentalP.py*
2. Ecrire le modèle RCR qui utilise la fonction *expP* comme pression d'entrée et avec une pression nulle en sortie
3. Ecrire une fonction $QfromP(t, P, param)$ qui calcule le flux en entrée aux temps t (ce flux est fonction du temps, d'un paramètre, de la solution du modèle RCR et de la pression d'entrée *expP*)
4. Ecrire une fonction *distance* comme précédemment adaptée a ce modèle. On suppose toujours que la condition initiale du modèle est connue
5. Tracer le flux hépatique mesurée (les données sont dans le fichier *FlowAnim1.txt*)
6. Avec ces données, et la condition initiale $p0 = 25.3$ mmHg estimer les paramètres du modèle
7. Tracer le flux d'entrée obtenu avec vos paramètres estimés et le comparer aux mesures
8. Vous pouvez changer les paramètres initiaux

Pour continuer...

Vous pouvez reprendre les questions précédentes avec un autre animal (*PressionAnim2.txt* et *FlowAnim2.txt*), avec un autre modèle (*CR*? *RLC*? *RLCR*? ...).