

Optimisation: quand le mieux n'est pas l'ennemi du bien ...

Unithé ou Café, Inria Saclay

8 novembre 2013

Pierre Martinon (COMMANDS)

Quel point commun entre

- 1. *Micro*-réseau électrique
 - 2. Bio-réacteur à *micro*-algues
 - 3. Nage de *micro*-robots
-
- L'optimisation (d'énergie) !

Tech 1 / 2: Optimisation

- Objectif: ce qu'on veut faire
- Contraintes: ce qu'on doit faire
- Trouver la stratégie / décision qui donne le meilleur objectif, en respectant les contraintes
- Le modèle doit donner l'impact d'une décision sur l'objectif et les contraintes
- $\text{Min } J(\mathbf{X})$ tel que $\mathbf{C}(\mathbf{X}) \leq 0$

Tech 2 / 2: Controle optimal

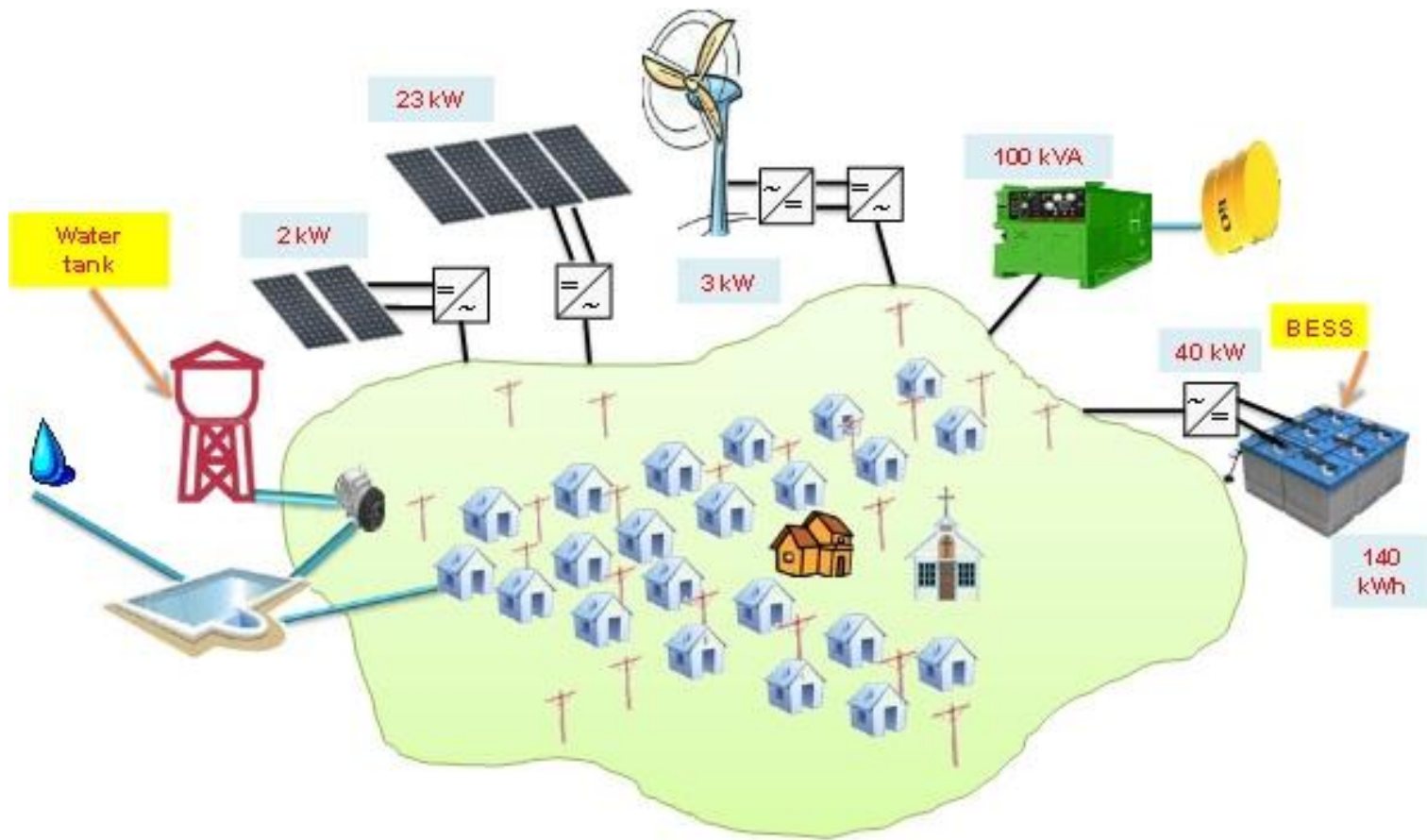
- Optimisation pour un système **dynamique**
- Le système **évolue au cours du temps**, et on doit prendre une décision **à chaque instant**
- Le modèle mathématique doit permettre de prédire le comportement du système pour une suite de décisions
- En plus de l'objectif et des contraintes, on a une dynamique: **$y'(t) = f(t, u(t), y(t))$**

Micro-réseau électrique



Huatacondo, Chili

Schéma du réseau

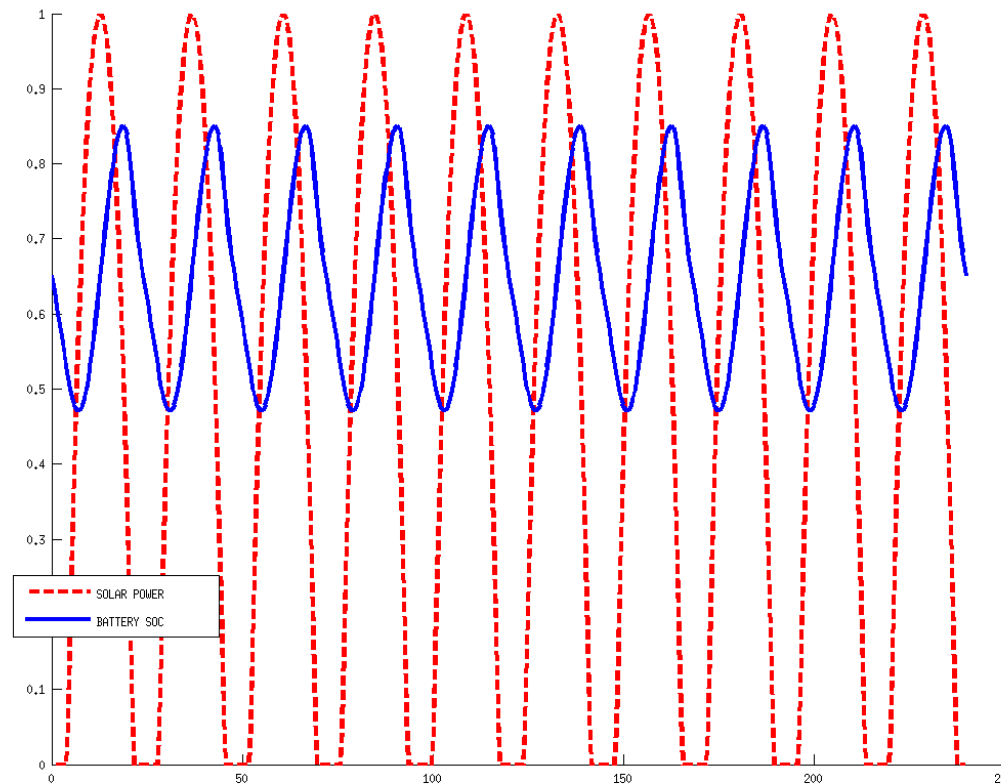


Diesel + renouvelables (solaire) + stockage électrique (batteries)

Motivation

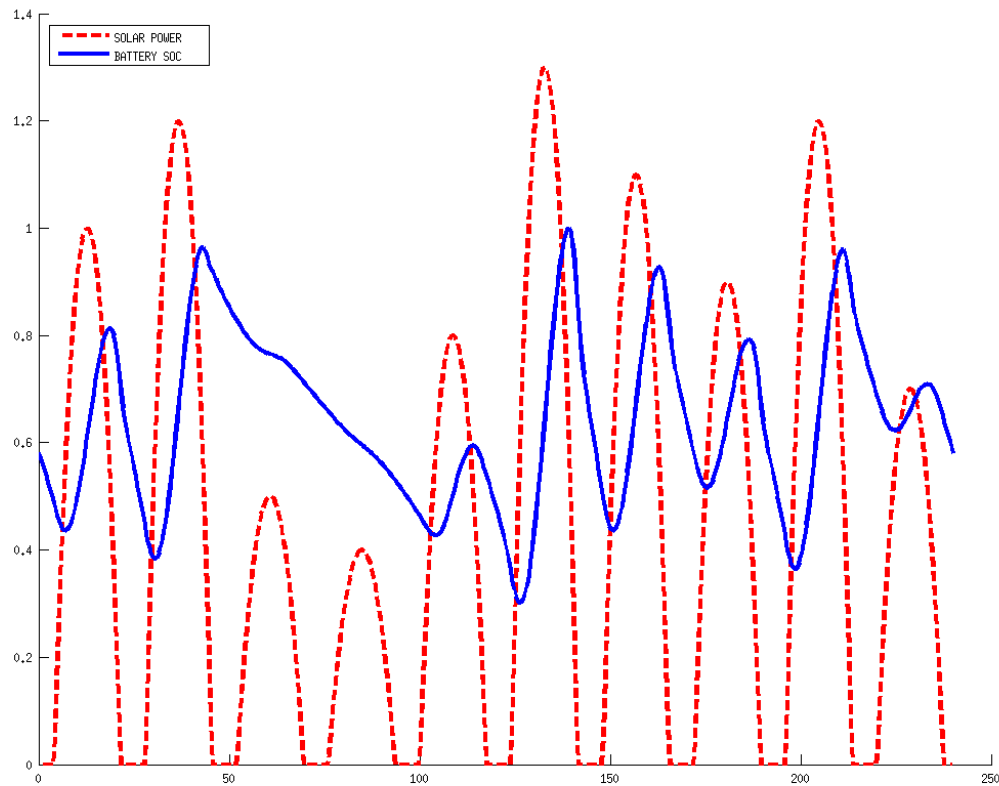
- Contraintes: satisfaire la demande en électricité du village
- Objectif: consommer le moins de diesel possible
- Décision: commande du générateur diesel et de la batterie
- Dynamique: donne l'état de charge de la batterie

Avec un soleil identique chaque jour



On charge la batterie le jour, on la décharge la nuit.
Le générateur diesel vient compléter le solaire si besoin.

Avec quelques nuages...



On obtient des cycles irréguliers pour la batterie

Vieillissement des batteries

- Cycles de charge irréguliers, partiels
- Risque: vieillissement prématuré des batteries
- Economie de diesel $>$ Cout des batteries ?
- Il faudrait optimiser les deux ensemble (critère court terme + critère long terme)
- Comment prédire ce vieillissement ??
- Besoin d'un modèle utilisable en optimisation ...

Transition...



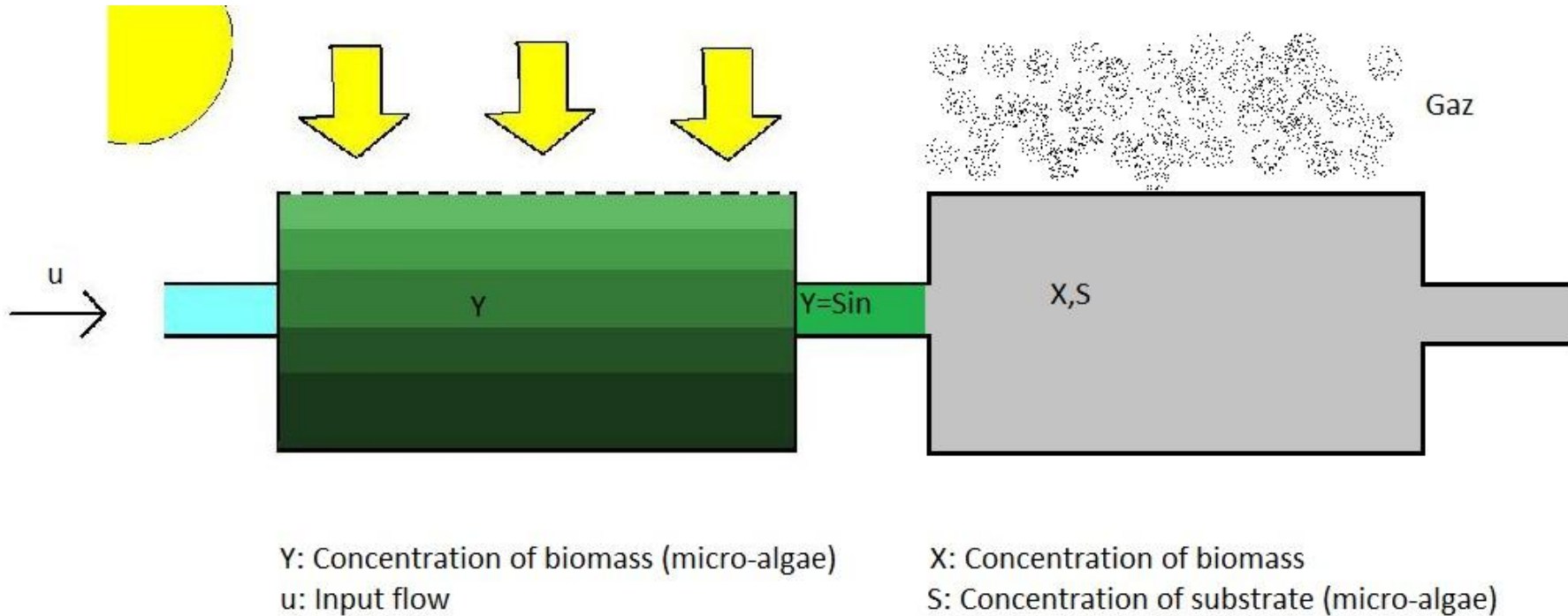
2. Bioréacteurs à micro-algues



Biocarburants

- Produire des hydrocarbures à partir de matières organiques (diesel, méthane)
- Concurrence les cultures vivrières ...
- Biocarburants de 3ème génération: algues
- Rendements très faibles ...
- → Optimiser !

Digestion anaérobie de microalgues

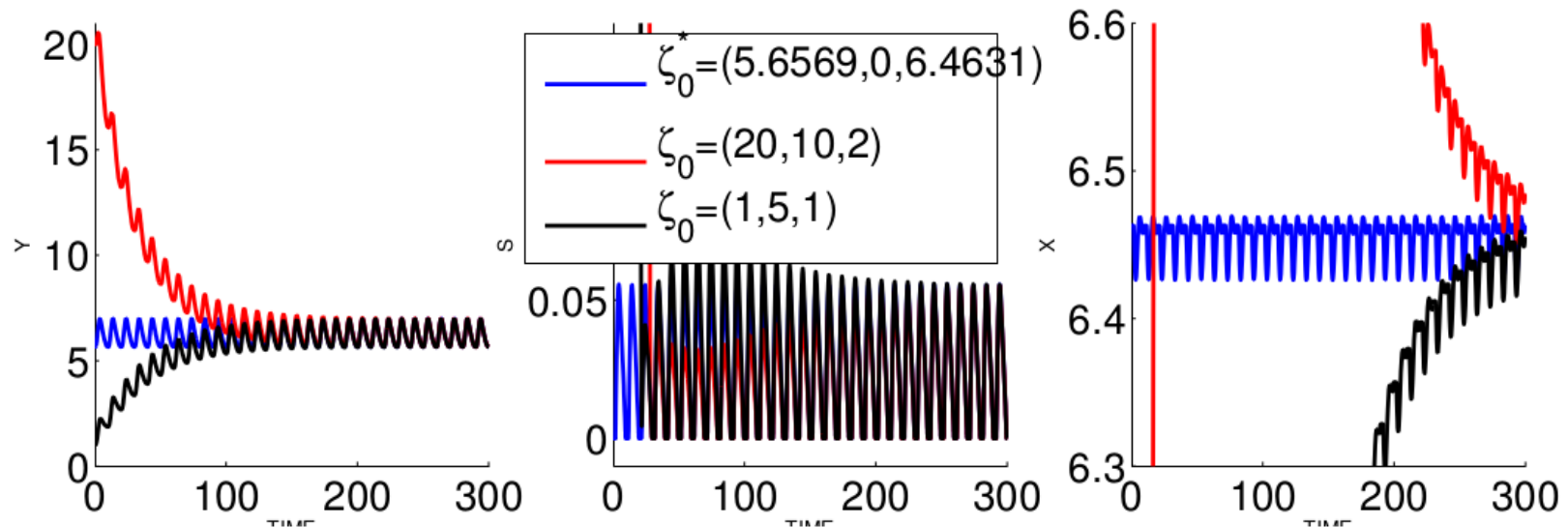


Réacteur 1: culture de micro-algues
Réacteur 2: digestion par des bactéries

Motivation

- On veut maximiser la production de méthane
- Commande: comment régler l'alimentation en algues des bactéries ?
- Trop faible: famine; Trop forte: lessivage
- Dynamique: croissance algues / bactéries
- En étudiant les équations, on trouve une propriété d'attraction ...

Propriété du système ... ou du modèle choisi pour le décrire ?



Attraction: le réacteur se stabilise de lui-même dans un certain état.

Démonstré mathématiquement, vérifié sur les simulations numériques.

Mais est-ce vrai sur le système réel, ou bien une conséquence du modèle simple ?

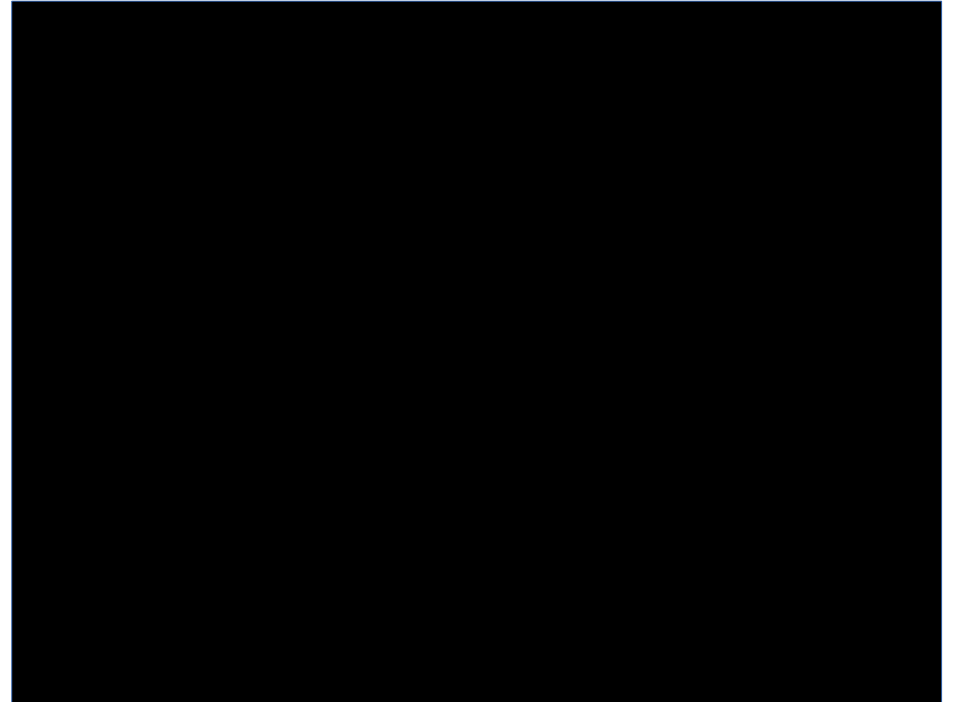
Encore une transition...



3. Micro-nageurs N-link

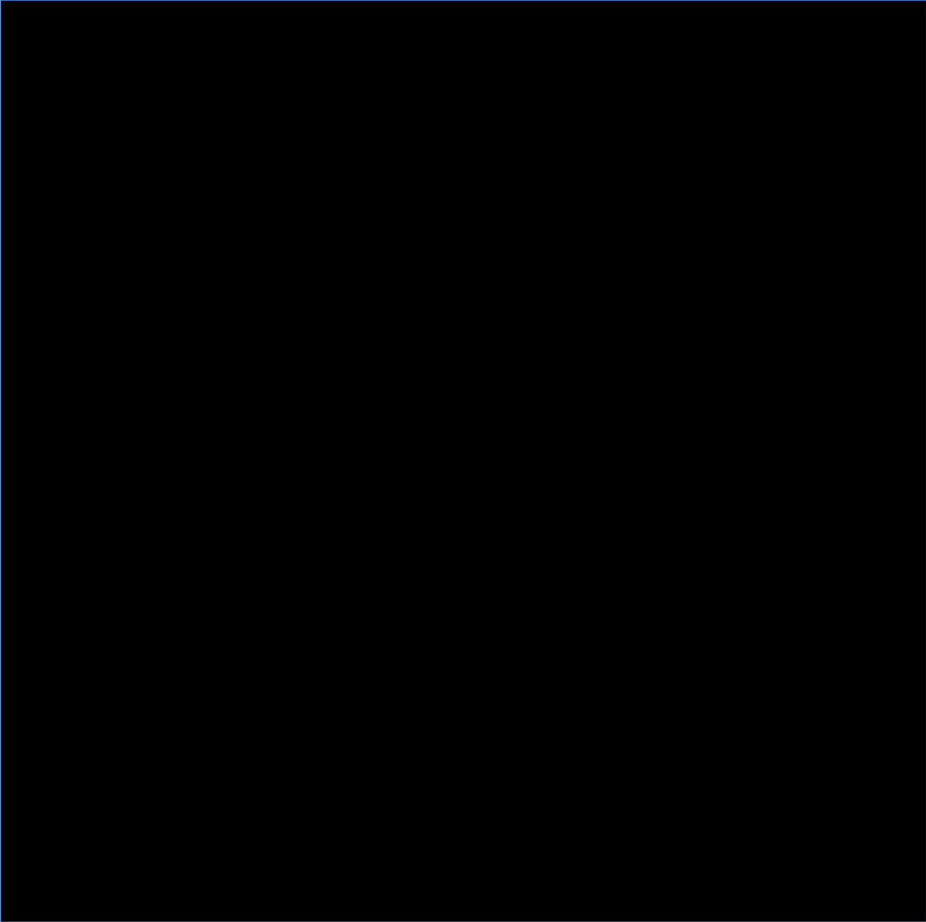
- A) Conception de micro-robots (médecine...)
- B) Etude du mouvement d'êtres vivants (quelle est leur stratégie optimale, minimiser la dépense d'énergie ?)
- On controle la déformation du nageur
- On cherche la nage la plus rapide / économe
- Dynamique: déplacement du nageur dans le fluide

Nageur de Purcell



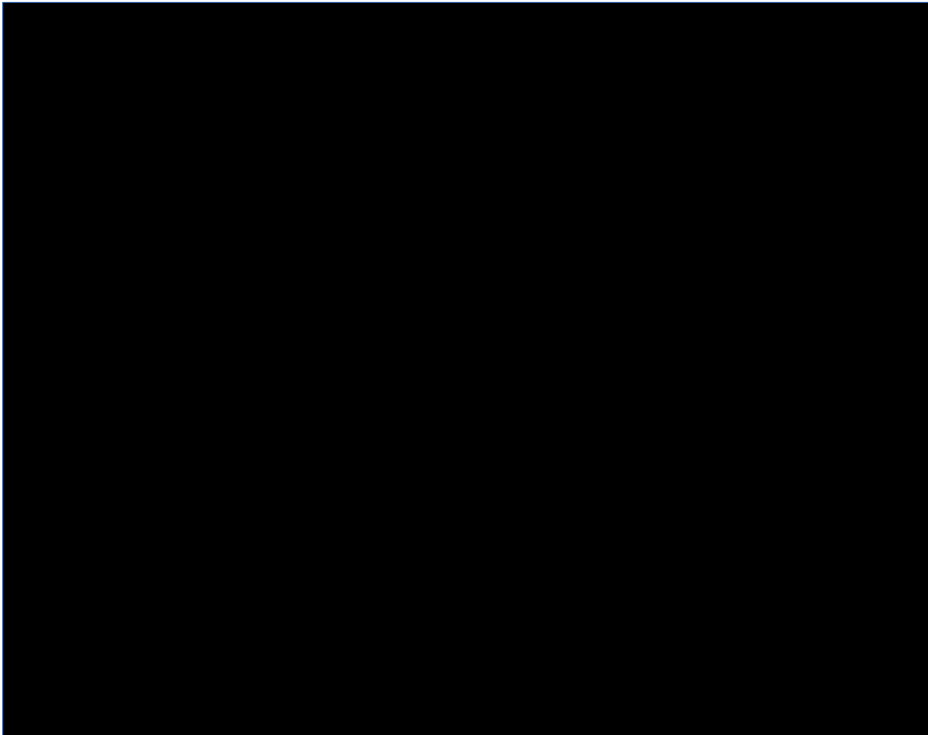
La simulation numérique coïncide avec les résultats connus.
Le nageur de la simulation a une brassée optimisée par rapport au Purcell.

Nématode

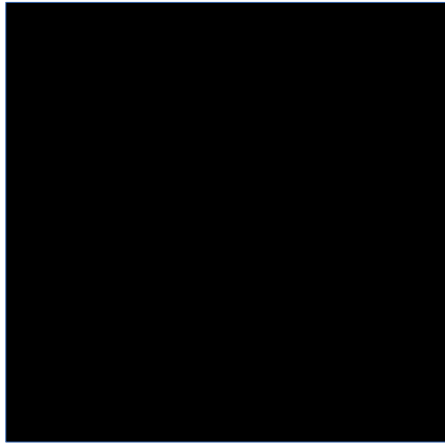
- 
- Nématode: ver annelé microscopique
 - Exemple de nage en fluide visqueux
 - La nage du ver est-elle le résultat d'un problème d'optimisation ?

Simulation: nageur 4-link

- Calcul numérique pour un nageur à 4 segments (pour se rapprocher de la forme du ver)
- Temps minimal: on calcule la nage la plus rapide possible



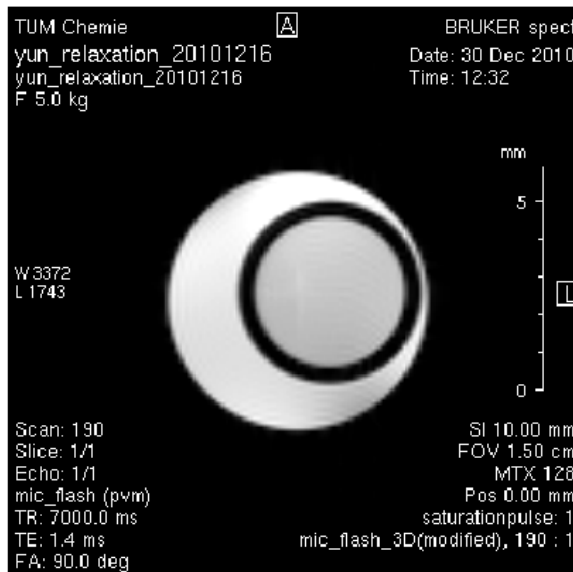
Simulation vs Nématode



La tête oscille plus fortement dans la simulation numérique...

- Erreur dans les formules, calculs, visualisation ?
- Paramètres différents (caractéristiques du nageur, fluide) ?
- Mauvais critère (temps minimal au lieu d'énergie) ?

Le controle optimal, c'est aussi...



Merci !