

# Séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions

(UMR 7598 CNRS, Sorbonne Université et Université Paris Cité)

Exposés donnés en personne avec diffusion simultanée par Zoom

## Résumés des exposés des mois de septembre-octobre 2022

**Vendredi 30 septembre 2022** – 14h00

*Exposé donné en personne dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions avec diffusion simultanée par Zoom*

**Francis Bach** (Inria Paris)

### **Représentation de fonctions positives par sommes de carrés**

#### **Résumé**

Beaucoup de problèmes de mathématiques appliquées peuvent être attaqués par une représentation numériquement efficace des fonctions positives, comme l'optimisation ou le contrôle optimal. L'utilisation de sommes de carrés permet une formulation à base de matrices ou d'opérateurs semi-définis positifs. Dans cet exposé, je montrerai comment les représentations classiques de dimension finie à base de polynômes peuvent être étendues à des espaces de Hilbert, tout en préservant leur efficacité numérique.

**Vendredi 07 octobre 2022** – 14h00

*Exposé donné en personne dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions avec diffusion simultanée par Zoom*

**Leonid Berlyand** (Université d'Etat de Pennsylvanie, State College)

### **Asymptotic stability in a free boundary PDE model of contraction-driven cell motion**

#### **Résumé**

We study the onset of motion of a living cell (e.g., a keratocyte) driven by myosin contraction with focus on a transition from unstable radial stationary states to stable asymmetric moving states. We introduce a two-dimensional free-boundary PDE model that generalizes a previous one-dimensional model by L. Truskinovsky et al. by combining a Keller-Segel model, Hele-Shaw boundary condition, and the Young-Laplace law with

a novel regularizing term. This nonlocal term precludes blowup or collapse by ensuring that membrane-cortex interaction is sufficiently strong. We found a family of asymmetric traveling solutions bifurcating from stationary solutions. Our main result is the nonlinear asymptotic stability of traveling wave solutions that model observable steady cell motion. We derived and rigorously justified an explicit asymptotic formula for the stability determining eigenvalue via asymptotic expansions in a small cell's speed. This formula greatly simplifies the computation of this eigenvalue and shows that stability is determined by the change in total myosin mass when stationary solutions bifurcate to traveling solutions. Our spectral analysis reveals the physical mechanisms of stability. If time permits, we will discuss work in progress on fingering instability in multicellular tissue spreading. This is joint work with V. Rybalko and C. Safsten.

**Vendredi 14 octobre 2022** – 14h00

*Exposé donné en personne dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions avec diffusion simultanée par Zoom*

**Nikita Simonov** (Sorbonne Université, Paris)

### **Stabilité dans les inégalités de Gagliardo-Nirenberg-Sobolev**

#### **Résumé**

Dans certaines inégalités fonctionnelles, les meilleures constantes et les optimiseurs sont connus. La question qui suit naturellement est celle de la stabilité : supposons qu'une fonction « atteint presque l'égalité », dans quel sens est-elle proche de l'un des optimiseurs ? Dans ce séminaire, j'aborderai un résultat récent sur la stabilité quantitative d'une sous-famille d'inégalités de Gagliardo-Nirenberg-Sobolev. L'approche est basée sur la méthode de l'entropie pour l'équation de diffusion rapide et nous permet d'obtenir des estimations complètement constructives. Les résultats sont basés sur un travail en collaboration avec M. Bonforte, J. Dolbeault, et B. Nazaret.

**Vendredi 21 octobre 2022** – 14h00

*Exposé donné en personne dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions avec diffusion simultanée par Zoom*

**Olivier Pantz** (Université Côte d'Azur, Nice)

### **Modélisation et simulation des vésicules biologiques**

#### **Résumé**

Les vésicules sont des structures en suspension auto-organisées formées de molécules possédant une tête hydrophile et une queue hydrophobe. Ces molécules s'organisent spontanément en double couche, isolant les queues du milieu aqueux. Elles forment ainsi des structures se comportant comme un fluide bidimensionnel. Elles sont d'une importance essentielle en biologie, car elles constituent la structure de base de toute cellule. Dans cet exposé, nous nous intéressons à la modélisation et à la simulation de leur comportement mécanique.

Un premier modèle mécanique de telles structures a été proposé de manière indépendante par Helfrich et Canham dans les années 1970. Il associe à toute vésicule occupant la surface  $\Sigma$  l'énergie donnée par l'intégrale sur  $\Sigma$  du carré de sa courbure moyenne. Sans

stimulation extérieure, les vésicules tendent à minimiser leur énergie mécanique en respectant deux contraintes :

- l’aire de la surface  $\Sigma$  est constante (car les molécules dont sont constituées les vésicules sont essentiellement incompressibles) ;
- le volume délimité par la vésicule est également constant (car fixé par l’équilibre osmotique).

Relativement récemment, nous avons montré par un développement asymptotique formel que ce modèle pouvait être obtenu comme limite d’un modèle hyperélastique tridimensionnel. Par la suite Benoît Merlet a apporté une preuve rigoureuse de ce résultat par  $\Gamma$ -convergence. Ces résultats peuvent être employés pour simuler le comportement mécanique des vésicules. L’utilisation d’un modèle  $3d$  plutôt que  $2d$  peut sembler contre-productif, mais il a l’avantage de ne reposer que sur l’emploi de méthodes d’éléments finis standard. Cependant, le modèle de base proposé par Helfrich et Canham ne rend pas compte de l’ensemble des formes de vésicules observées. Plusieurs variantes ont été proposées pour y pallier. La plus répandue consiste à introduire une « courbure spontanée ». D’autres variantes reposent sur l’introduction d’un terme non local. Nous verrons que des modèles de ce type peuvent également être dérivés de modèles  $3d$ .

Dans cet exposé, nous présenterons le modèle de Helfrich et Canham, les résultats de convergence du modèle  $3d$  vers le modèle  $2d$ , l’implémentation numérique et quelques résultats de simulations.

**Vendredi 28 octobre 2022 – 14h00**

*Exposé donné en personne dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions avec diffusion simultanée par Zoom*

*Cet exposé aura lieu dans le cadre de la septième édition des **Leçons Jacques-Louis Lions**, qui comprendront également un **mini-cours** intitulé*

**Learning physics-based models from data:**

**Perspectives from projection-based model reduction**

*les mardi 25, mercredi 26 et jeudi 27 octobre 2022 de 11h30 à 13h, voir la page*

<https://www.ljll.math.upmc.fr/lecons-jacques-louis-lions-2022-karen-e-willcox>

**Karen E. Willcox** (Université du Texas à Austin)

**Mathematical and computational foundations  
for enabling predictive digital twins at scale**

## Résumé

Digital twins represent the next frontier in the impact of computational science on grand challenges across science, technology and society. A digital twin is a computational model or set of coupled models that evolves over time to persistently represent the structure, behavior, and context of a unique physical system, process or biological entity. A digital twin is characterized by a dynamic two-way flow of information between the computational models and the physical system. A digital twin provides an integrated framework for calibration, data assimilation, planning, and optimal control. This talk will highlight the important roles of reduced-order modeling and uncertainty quantification in achieving robust, reliable digital twins at scale. The methodology will be illustrated for applications in aircraft structural digital twins and cancer patient digital twins.

Sous réserve que la situation sanitaire le permette, les exposés sont désormais donnés en général en présence dans la salle du séminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions :

Campus Jussieu, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, Paris 5ème,  
barre 15-16, 3ème étage, salle 09 (15-16-3-09),  
le vendredi de 14h à 15h.

– D’une part, l’exposé est donné en personne dans la salle du séminaire.

Les personnes qui le souhaitent peuvent assister à l’exposé dans la salle du séminaire dans la limite des places disponibles et dans le respect des consignes sanitaires.

– D’autre part, l’exposé est diffusé simultanément par Zoom.

Les personnes qui suivent l’exposé à distance sont priées de désactiver leur microphone et de ne pas poser de questions pendant l’exposé : elles peuvent les poser à la fin de celui-ci en « levant la main à distance » et en parlant à l’invitation de la personne qui préside la séance.

– Enfin, certains exposés donnés par des conférenciers ou conférencières qui ne peuvent pas se déplacer sont donnés à distance et sont diffusés en temps réel par Zoom.

Dans ce cas l’exposé est projeté simultanément sur l’écran de la salle du séminaire, et les personnes qui le souhaitent peuvent assister à cette projection sonorisée dans les mêmes conditions que lors des exposés donnés en présence.

Chaque vendredi, à partir de 13h30, le lien Zoom pour l’exposé du jour est affiché sur les pages web

<https://www.ljll.math.upmc.fr/seminaire-du-laboratoire>

<https://www.ljll.math.upmc.fr/seminaire-du-laboratoire/seminaires-de-l-annee-2022>

et l’accès au lien Zoom est possible à partir de la même heure, éventuellement après un passage en « salle d’attente Zoom ».

Le programme du séminaire, sa version pdf, les résumés des exposés, leurs diaporamas et leurs enregistrements vidéo sont disponibles sur ces mêmes pages web.

Pour recevoir (ou ne plus recevoir) par courrier électronique chaque mois le programme du séminaire et chaque vendredi un rappel de l’exposé du jour, envoyer un message à

[Seminaire-du-LJLL@ann.jussieu.fr](mailto:Seminaire-du-LJLL@ann.jussieu.fr)

Organisateurs du séminaire :

Yves Achdou : [achdou@ljll.univ-paris-diderot.fr](mailto:achdou@ljll.univ-paris-diderot.fr)

Fabrice Béthuel : [bethuel@ann.jussieu.fr](mailto:bethuel@ann.jussieu.fr)

Albert Cohen : [cohen@ann.jussieu.fr](mailto:cohen@ann.jussieu.fr)

Anne-Laure Dalibard : [dalibard@ann.jussieu.fr](mailto:dalibard@ann.jussieu.fr)

Yvon Maday : [maday@ann.jussieu.fr](mailto:maday@ann.jussieu.fr)

François Murat : [murat@ann.jussieu.fr](mailto:murat@ann.jussieu.fr)

Benoît Perthame : [perthame@ann.jussieu.fr](mailto:perthame@ann.jussieu.fr)

Emmanuel Trélat : [emmanuel.trelat@ljll.math.upmc.fr](mailto:emmanuel.trelat@ljll.math.upmc.fr)