



Pierre Sens  
 Chef d'équipe  
 pierre.sens@curie.fr

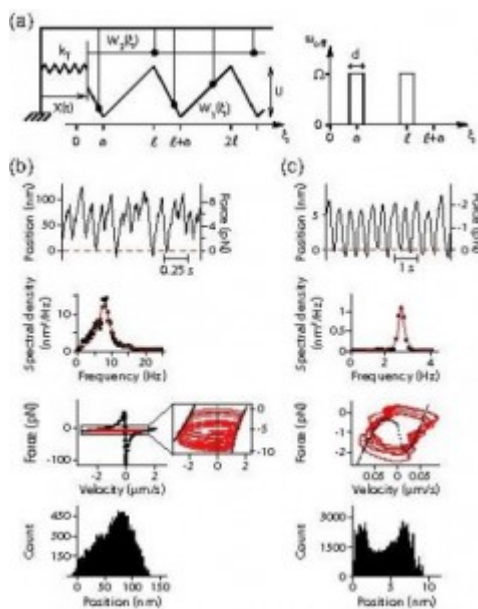
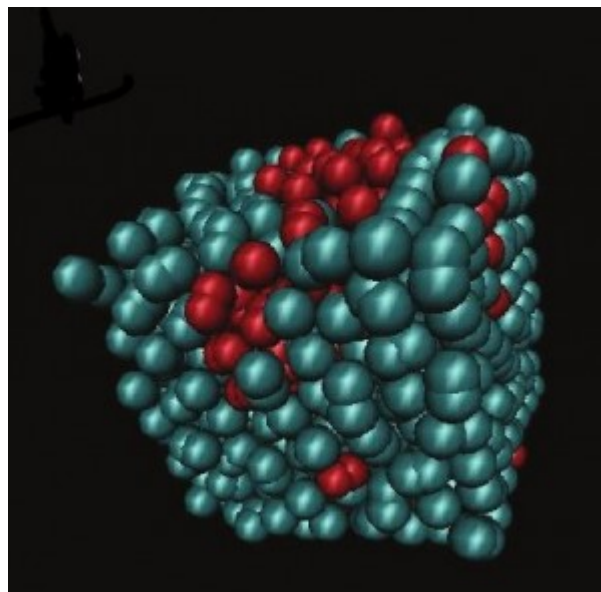


Figure 1 : Oscillations de moteurs moléculaires:  
 Oscillations dans un ensemble de moteurs moléculaires, obtenues par simulations stochastiques. Le modèle est décrit graphiquement en (a), où est représenté le potentiel vu par les moteurs. On donne, pour deux ensembles de paramètres, les oscillations de la position du filament en interaction avec les moteurs, le spectre de puissance, et un histogramme des positions du filament

Une estimation des ordres de grandeurs pertinents dans des cellules montre qu'ils sont très similaires à ceux que l'on obtient en « physique de la matière molle ». Cependant, il existe deux différences importantes : les systèmes biologiques sont clairement hors équilibre et la spécificité des interactions entre molécules biologiques peut jouer un rôle important. Ces remarques simples nous convainquent que d'une part la physique de la matière molle peut offrir une description quantitative des systèmes cellulaires, et que d'autre part, les systèmes biologiques soulèvent un nombre intéressant de questions physiques et de problématiques nouvelles. C'est pour ces raisons que nous concentrons nos efforts sur la compréhension des caractéristiques physiques, de la dynamique et de la morphologie cellulaire. Ce projet n'a de sens qu'avec de fortes interactions avec des biologistes.

Les cellules contiennent un très grand nombre d'éléments, mais si nous nous intéressons aux propriétés mécaniques, seules quelques classes d'éléments jouent un rôle important : les filaments du cytosquelette, les moteurs moléculaires, les membranes et la vaste classe des molécules d'adhésion, telles que les intégrines ou cadhérines. Par conséquent, nous étudions chacun de ces éléments, en gardant à l'esprit l'importance du comportement hors-équilibre. Dans certains cas, cela requiert l'introduction de nouveaux concepts physiques, tels que ceux de membranes « actives », de gels « actifs » ou de cliquet thermique, modèle servant à décrire les moteurs moléculaires par le mouvement brownien d'une particule qui peut transiter entre deux états différents.

Une bonne compréhension physique requiert une comparaison quantitative entre la théorie et les expériences en variant systématiquement les paramètres contrôlés : c'est pour cette raison que nous travaillons en étroite collaboration avec les groupes expérimentaux dans notre laboratoire et dans l'unité Compartimentation et dynamique cellulaires de l'Institut Curie (UMR 144). Par exemple, nous contribuons à la description théorique du mouvement basé sur la polymérisation de l'actine en utilisant des modèles biologiques, tels que les bactéries *Listeria* et cellules de type kératocyte, mais également des systèmes bio-mimétiques, tels que des billes en plastique ou des gouttes d'huile correctement traitées. De même, nous décrivons également certains aspects du comportement cellulaire, tels que la formation de tubes membranaires tirés par des moteurs moléculaires, la motilité cellulaire, la division cellulaire, la mécanotransduction. Un autre exemple est donné par la Figure 1, illustrant des calculs portant sur les oscillations d'ensembles de moteurs moléculaires.



*Figure 2 : Compétition entre tissus: Simulation numérique de la compétition entre deux tissus.*

Nous sommes convaincus d'avoir atteint une compréhension physique raisonnable de chacun des éléments et nous étendons maintenant notre activité à l'étude des interactions entre ces éléments, c'est à dire à l'échelle multi-cellulaire et aux propriétés mécaniques des tissus. Nous avons par exemple effectué des simulations numériques de tissus en compétition pour un même espace (cf. Figure 2).

Enfin, nous restons en contact étroit avec les évolutions de la physique statistique. En particulier, nous avons obtenu récemment une relation générale entre la réponse linéaire d'un système à une perturbation quelconque et ses fluctuations. Cette relation est valide dès lors que le système est décrit par une dynamique Markovienne. Elle sera utile pour décrire les fluctuations de systèmes biologiques.

## Publications clés

**Année de publication : 2018**

Vincent Nier, Grégoire Peyret, Joseph d'Alessandro, Shuji Ishihara, Benoit Ladoux, Philippe Marcq (2018 Oct 11)

**Kalman Inversion Stress Microscopy.**

*Biophysical journal* : DOI : [S0006-3495\(18\)31065-8](https://doi.org/10.1083/3495(18)31065-8)

Duclos G., Blanch-Mercader C., Yashunsky V., Salbreux G., Joanny J.-F., Prost J., Silberzan P.  
(2018 Oct 3)

**Spontaneous shear flow in confined cellular nematics**

*Nature Physics* : DOI : [10.1038/s41567-018-0099-7](https://doi.org/10.1038/s41567-018-0099-7)

Année de publication : 2017

---

Francesco Gianoli, Thomas Risler, Andrei S. Kozlov (2017 Dec 19)

**Lipid bilayer mediates ion-channel cooperativity in a model of hair-cell mechanotransduction**

*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* : 114 : E11010-E11019 : DOI : [10.1073/pnas.1713135114](https://doi.org/10.1073/pnas.1713135114)

Thuan Beng Saw, Amin Doostmohammadi, Vincent Nier, Leyla Kocgozlu, Sumesh Thampi, Yusuke Toyama, Philippe Marcq, Chwee Teck Lim, Julia M Yeomans, Benoit Ladoux (2017 Apr 14)

**Topological defects in epithelia govern cell death and extrusion.**

*Nature* : 212-216 : DOI : [10.1038/nature21718](https://doi.org/10.1038/nature21718)

Duclos G., Erlenkämper C., Joanny J.-F., Silberzan P. (2016 Sep 12)

**Topological defects in confined populations of spindle-shaped cells**

*Nature Physics* : 13 : 58-62 : DOI : [10.1038/nphys3876](https://doi.org/10.1038/nphys3876)

Année de publication : 2016

---

Vincent Nier, Shreyansh Jain, Chwee Teck Lim, Shuji Ishihara, Benoit Ladoux, Philippe Marcq  
(2016 Apr 14)

**Inference of Internal Stress in a Cell Monolayer.**

*Biophysical journal* : 1625-35 : DOI : [10.1016/j.bpj.2016.03.002](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2016.03.002)