

Cell Adhesion & Mechanics lab

Ladoux & Mège

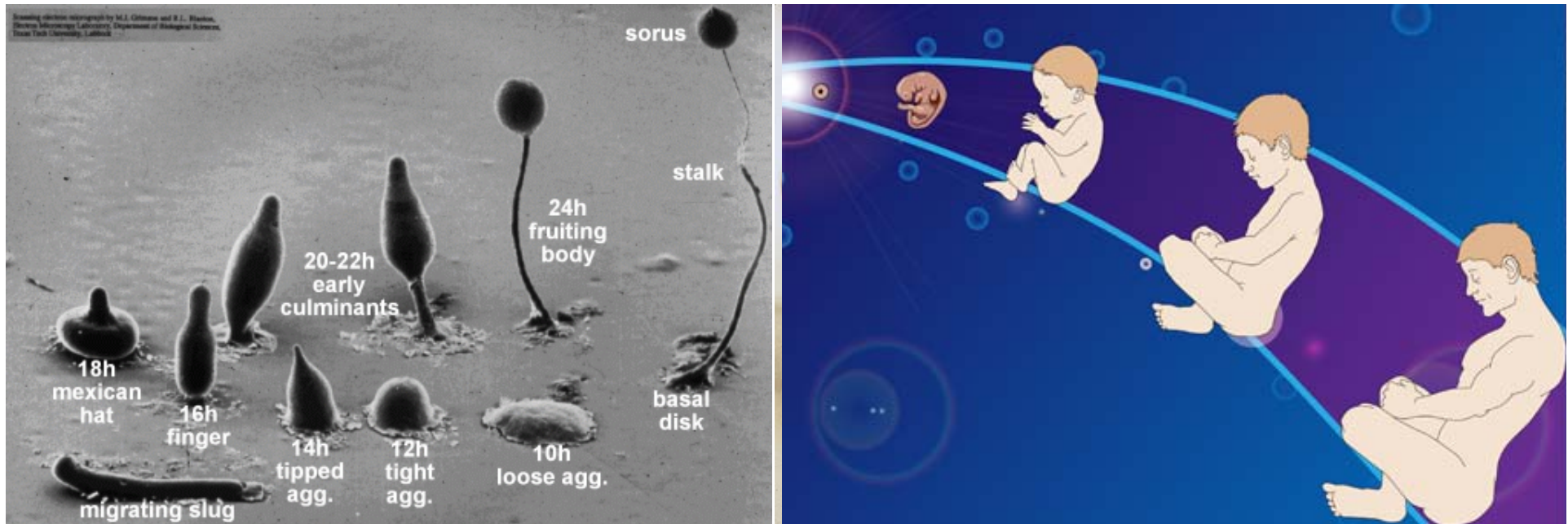
Institut Jacques Monod
CNRS-Université Paris Diderot

<http://www.ijm.fr/en/research/research-groups/cell-adhesion-and-mechanics/>

USPC, SET, Mars 2016

De l'amibe à l'homme, les cellules animales migrent et se déforment

Cycle de l'amibe *Dyctiostelium*



La mécanique cellulaire et tissulaire est partie intégrante de la morphogénèse

D'Arcy Thomson in his treatise "On Growth and Form", 1917

Les cellules adhèrent entre elles sur leur support

Wilson, 1910

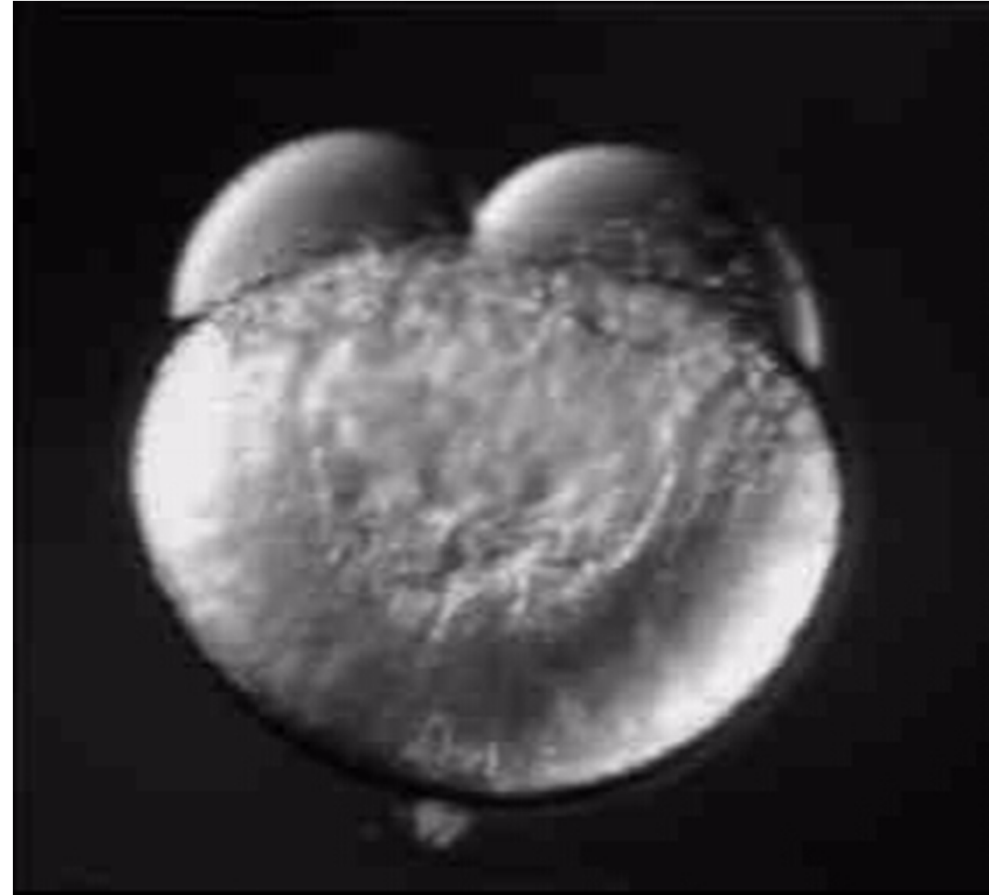
La formation de l'embryon et des organes nécessite des divisions et des mouvements cellulaires



le poisson zèbre (*Danio rerio*)

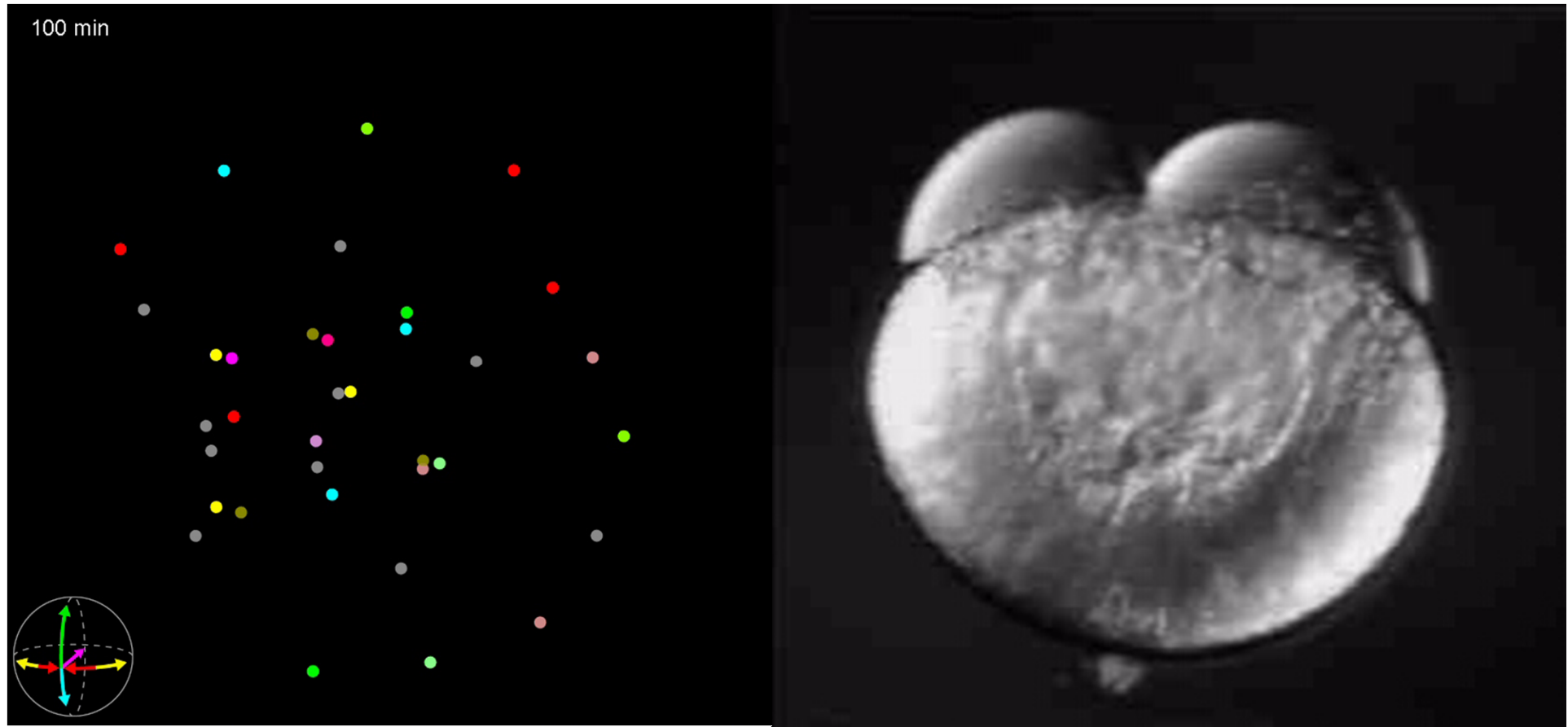
Vertébré
Longueur 2-5 cm

Embryon transparent
Embryogenèse: 48 hr



Embryon de poisson zèbre au stade 2 cellules

L'analyse des images digitalisées permet de reconstruire les divisions cellulaires et les mouvements des cellules



Reconstruction of Zebrafish Early Embryonic Development by Scanned Light Sheet Microscopy
Philipp J. Keller, *et al.*
Science 322, 1065 (2008);

Embryon de poisson zèbre au stade 2 cellules

L'analyse des images digitalisées permet de reconstruire les divisions cellulaires et les mouvements des cellules



From behavioural analyses to models
of collective motion in fish schools

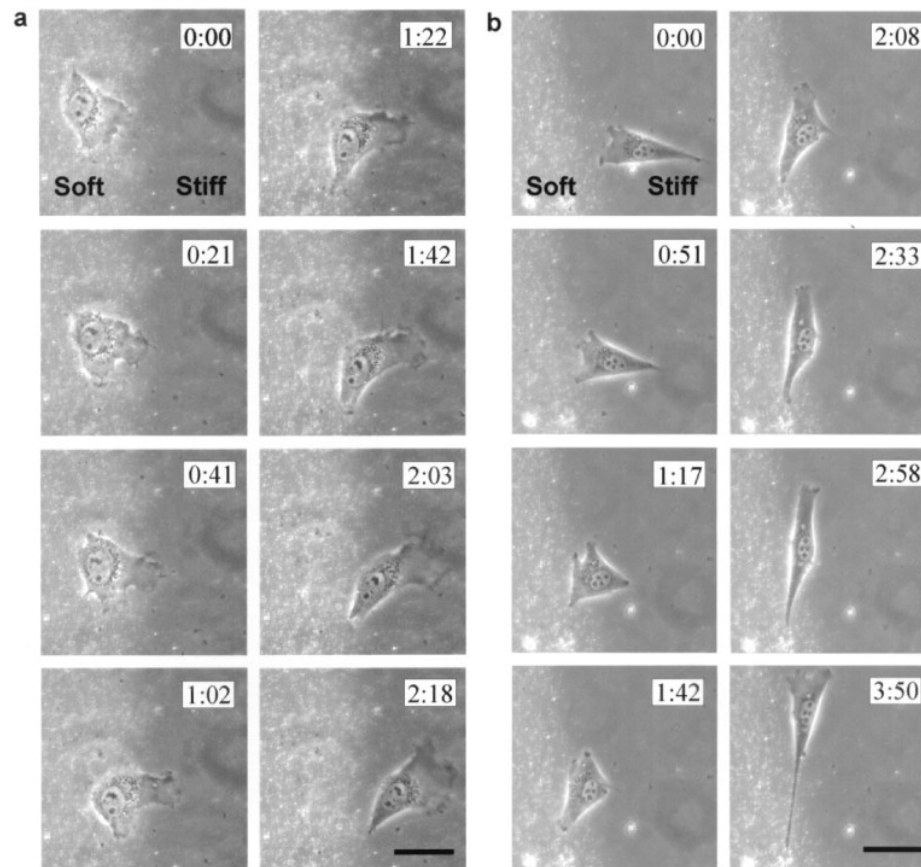
Ugo Lopez^{1,2,3,4,*}, Jacques Gautrais^{1,2}, Iain D. Couzin⁵ and Guy Theraulaz^{1,2}

Interface Focus

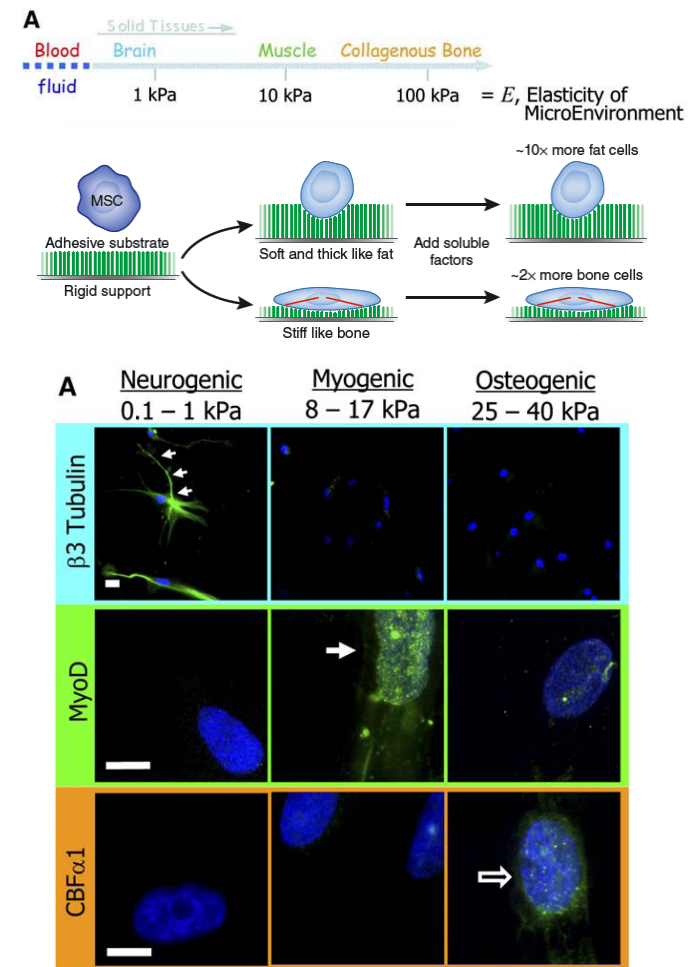
doi:10.1098/rsfs.2012.0033

Mechanosensibilité cellulaire – Les cellules peuvent sentir et répondre au signaux mécaniques de l'environnement

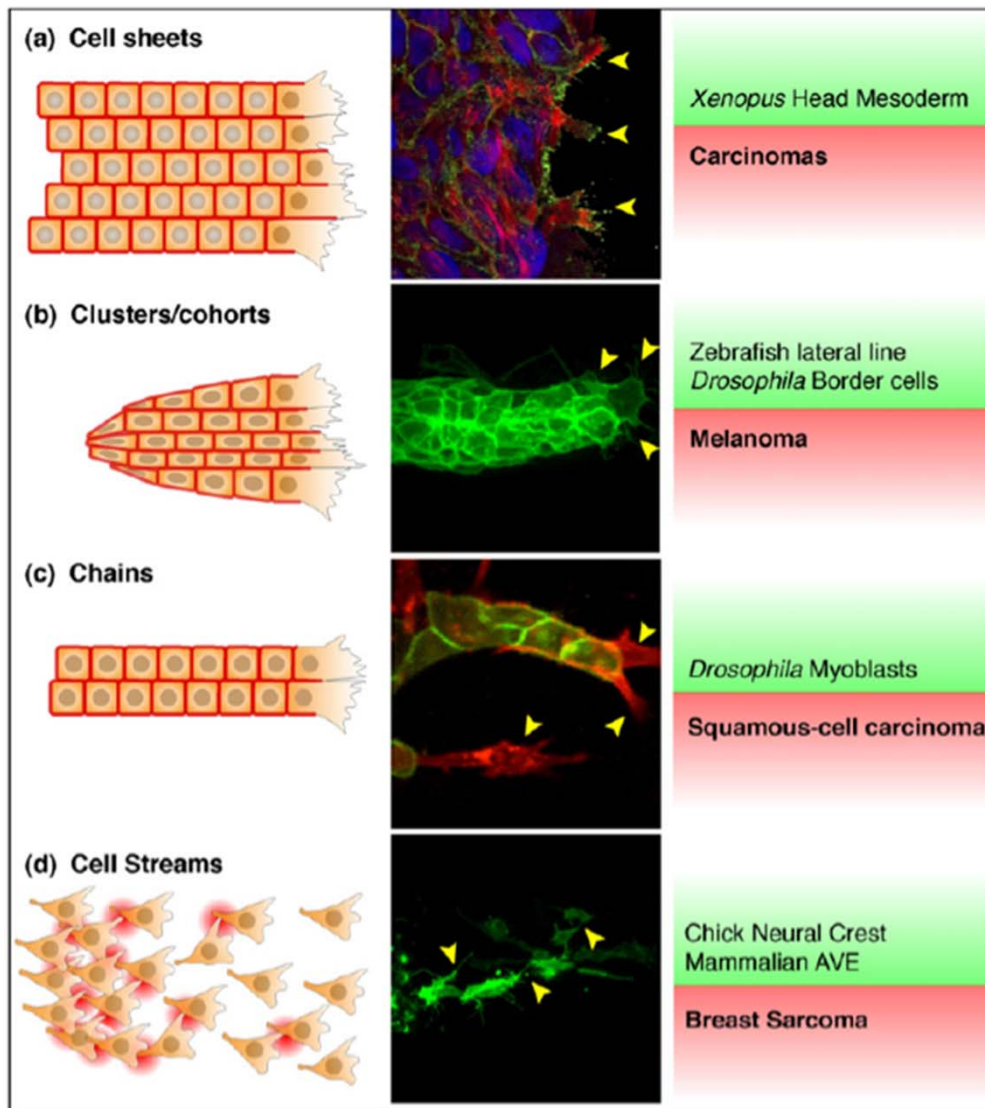
Migrations cellulaires
(Lo et al 2000)



Différenciation des cellules
souches (Engler et al 2006)



Mécanismes de migration cellulaire et cancer

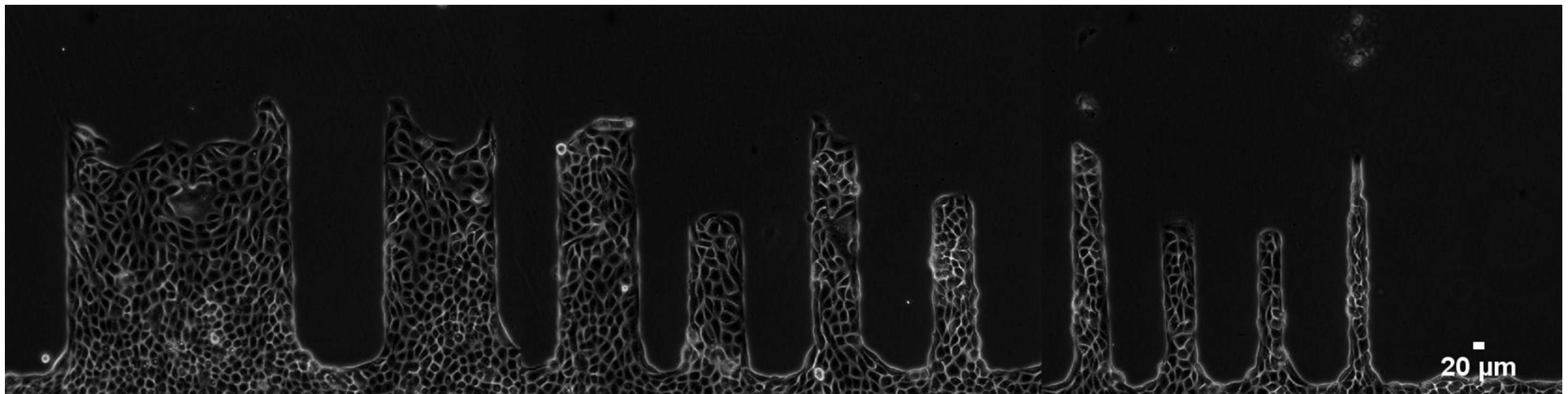
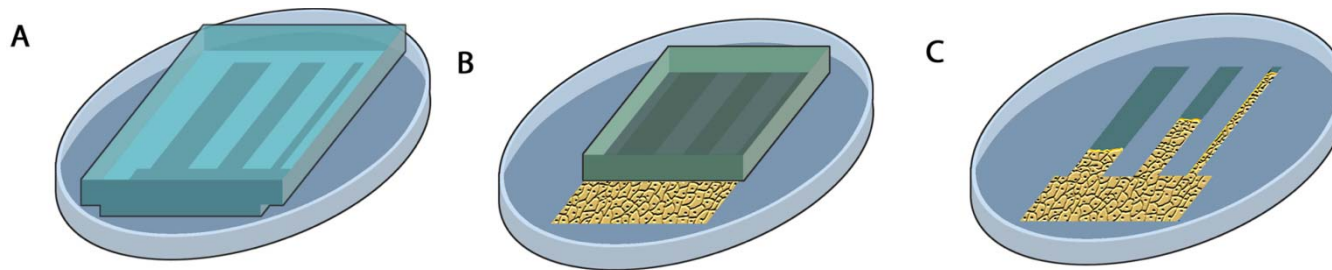


TRENDS in Cell Biology

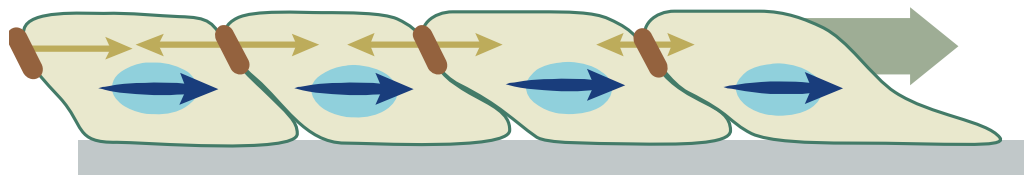
Ces migrations dépendent de la topologie et des propriétés mécaniques de l'environnement cellulaire et matriciel

Elles dépendent de l'énergie d'adhésion des cellules entre elles et sur le support, de la contractilité cellulaire et des forces appliquées localement par d'autres cellules

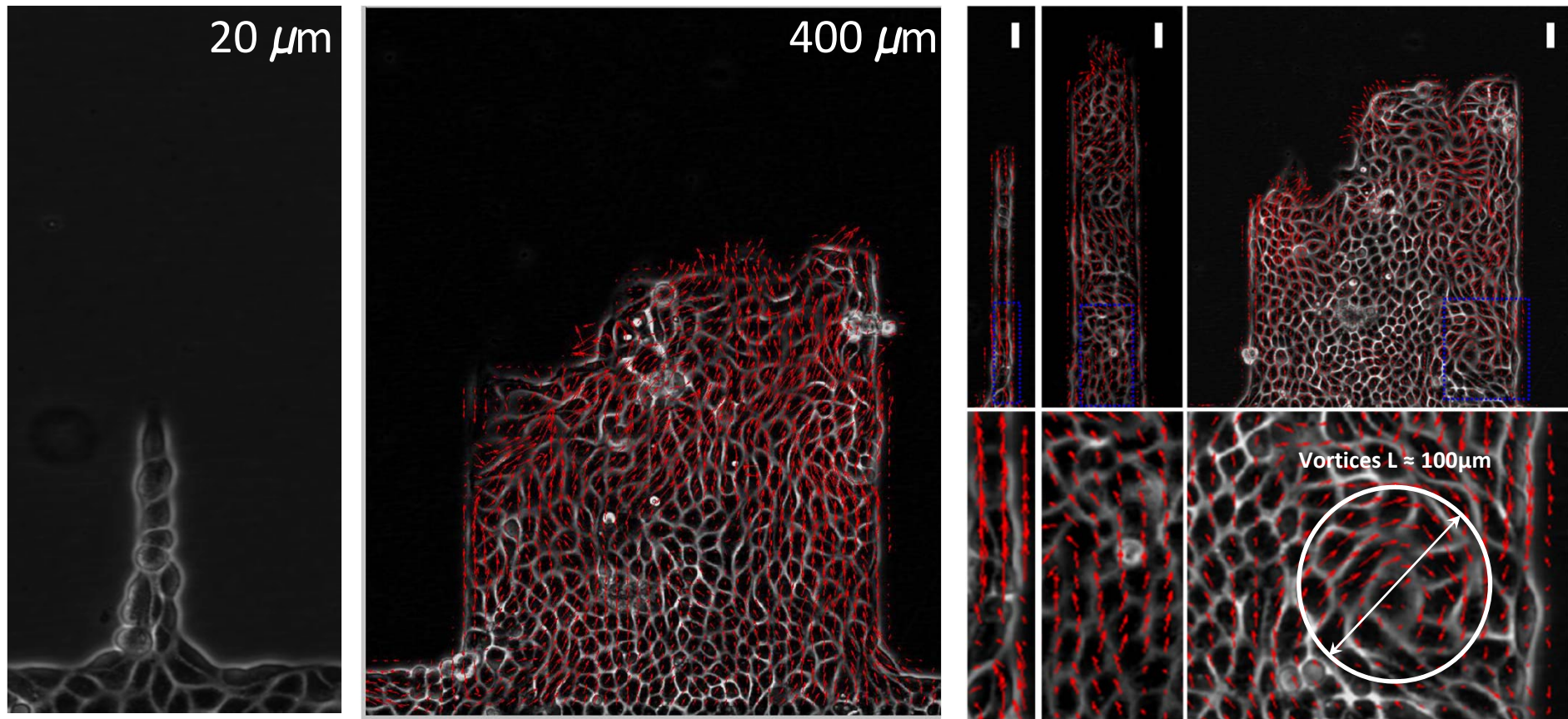
Modèles *in vitro* d'étude de l'impact des contraintes physiques sur le comportement individuel et collectif des cellules



Vedula et al. PNAS 2012



Modes émergents de migration des cellules épithéliales dépendant des contraintes géométriques

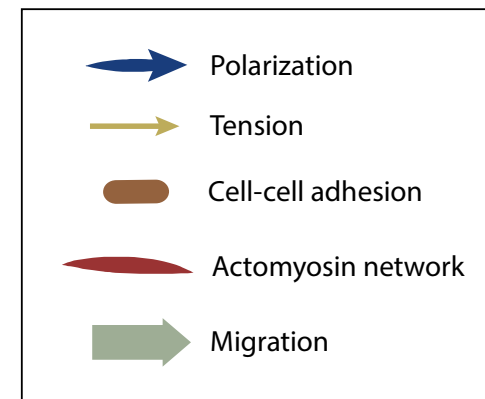
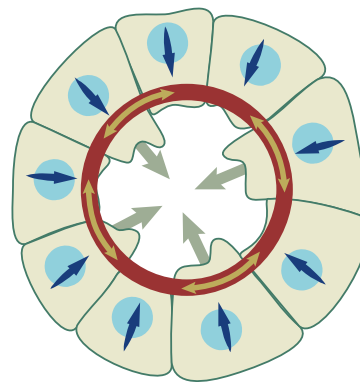
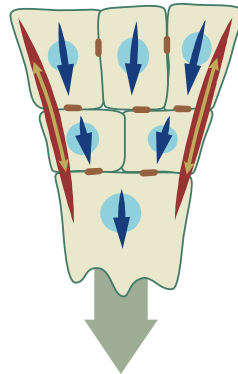
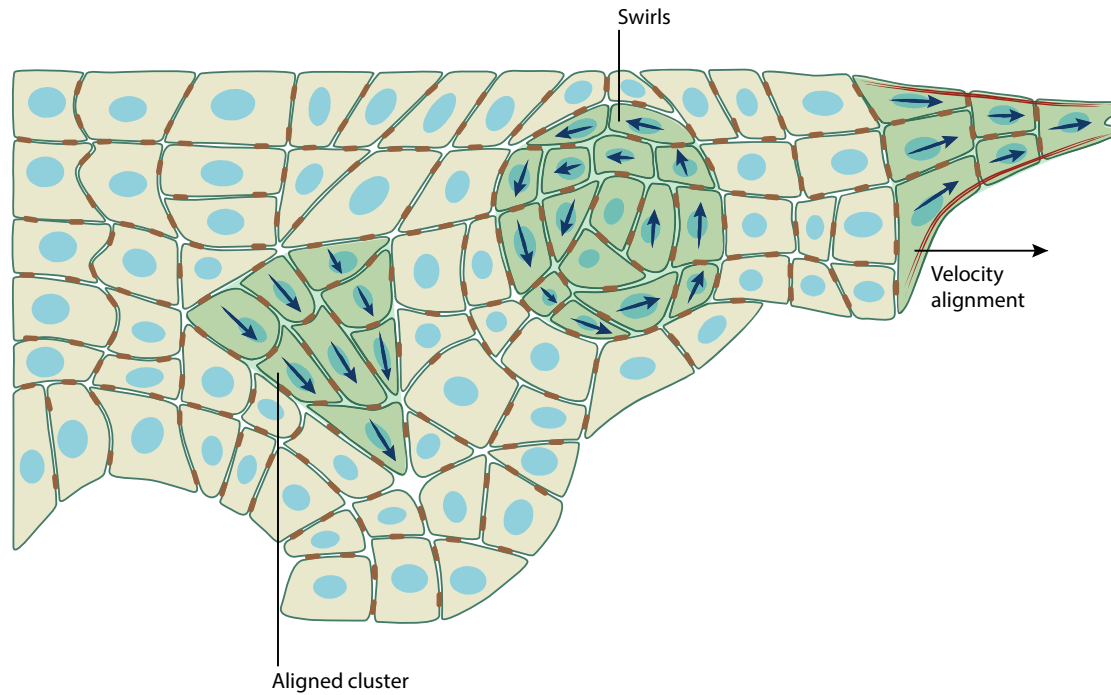


Mouvements de contraction-élongation dans les canaux étroits, versus vortex dans les canaux plus larges.

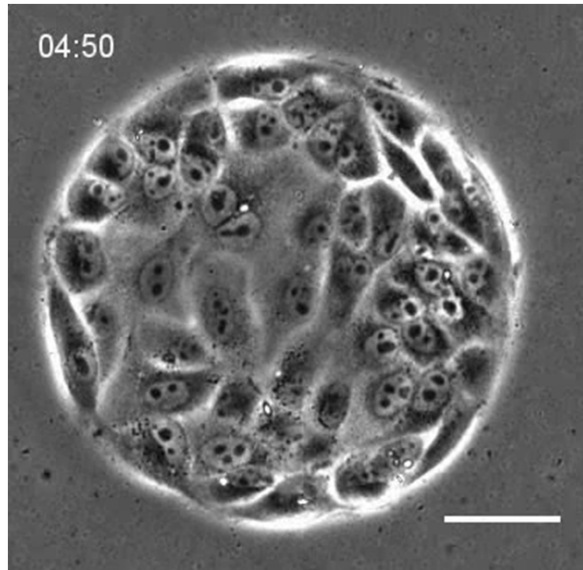
Emergence de longueurs de corrélations dans les mouvements plus grandes que la taille d'une cellule

Vedula et al. PNAS 2012

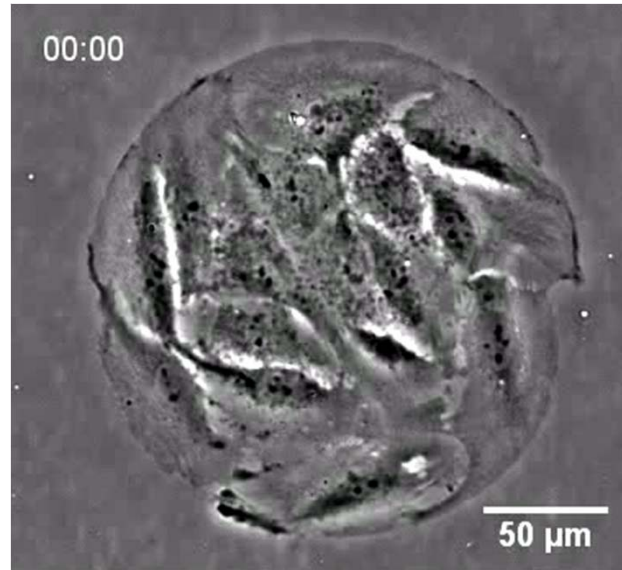
Différents comportements collectifs observés *in vivo* et *in vitro*



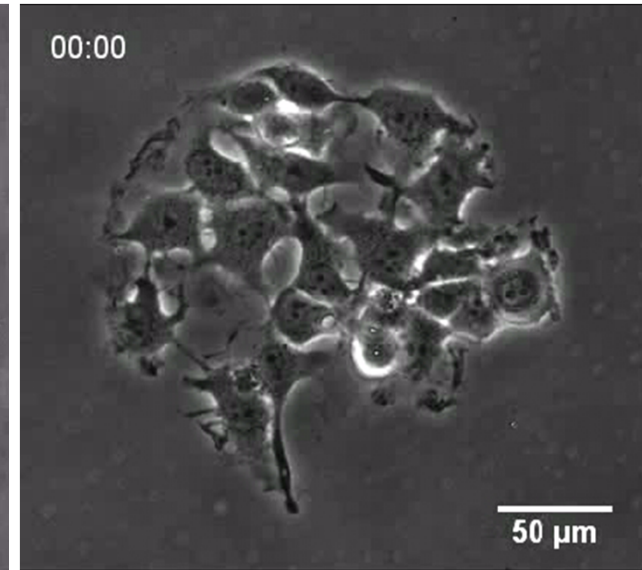
Influence de l'adhésion intercellulaire



MDCK

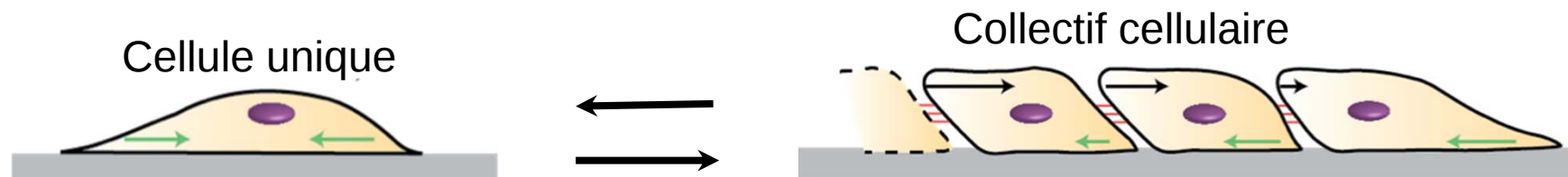


MCF-10A (cancéreuses)

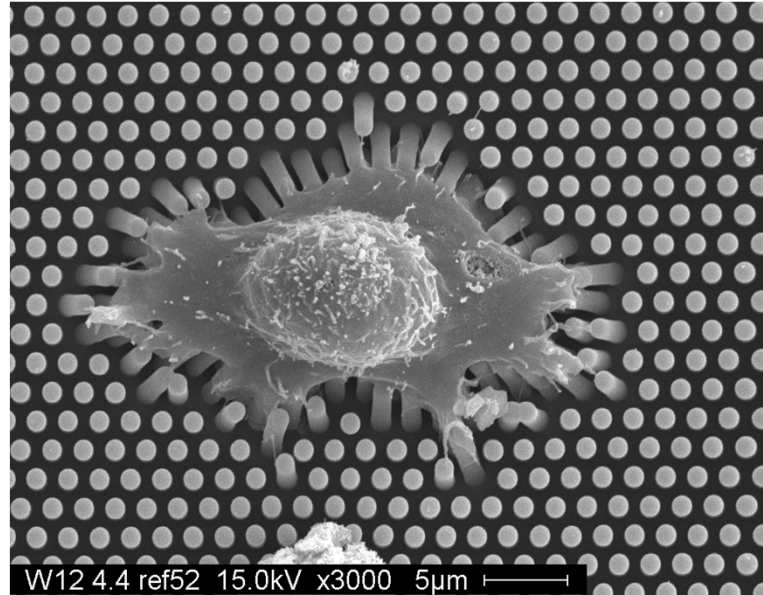


MCF-7 (malignes)

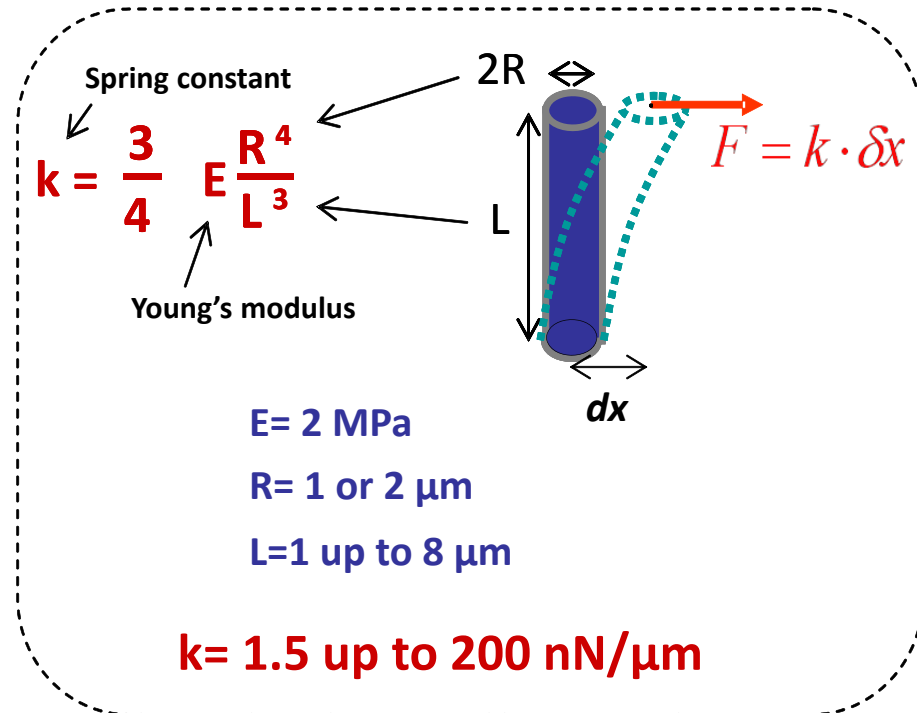
Doxzen et al. Integrative Biol. 2013



Utilisation d'un substrat de micro piliers

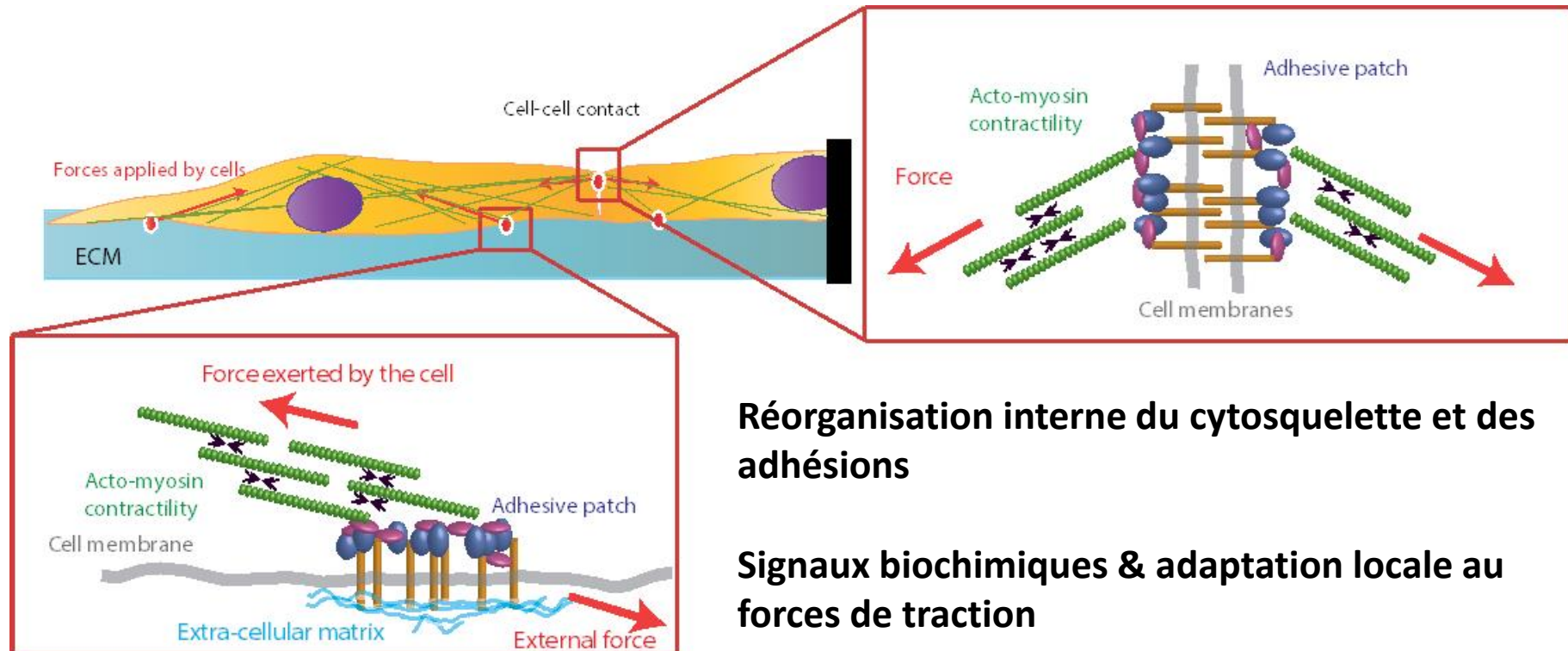


10 000 000 cantilevers/cm²



- Mesure des forces de traction (du Roure et al. PNAS 2005)
- Contrôle de la rigidité (Saez et al. Biophys. J. 2005)

Comment le stress mécanique est transmis dans la monocouche et les tissus



Réorganisation interne du cytosquelette et des adhésions

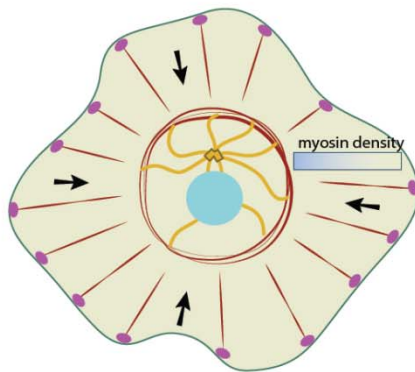
Signaux biochimiques & adaptation locale au forces de traction

Changement de conformation des protéines, réorganisation du cytosquelette (gel)

Moteurs moléculaires (Myosines, gel actif)

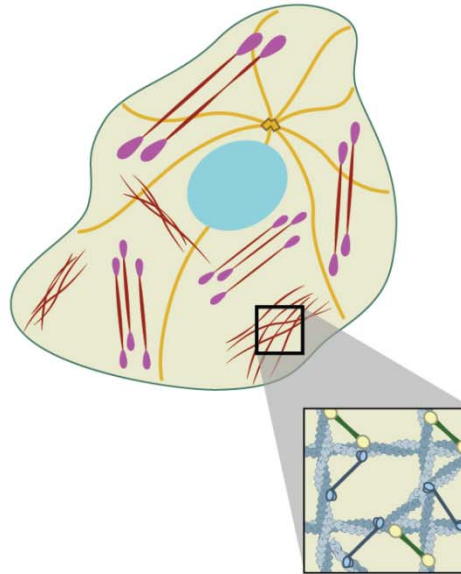
Actin polarization

Soft substrates
Cadherin coated surfaces
Early times of cell adhesion



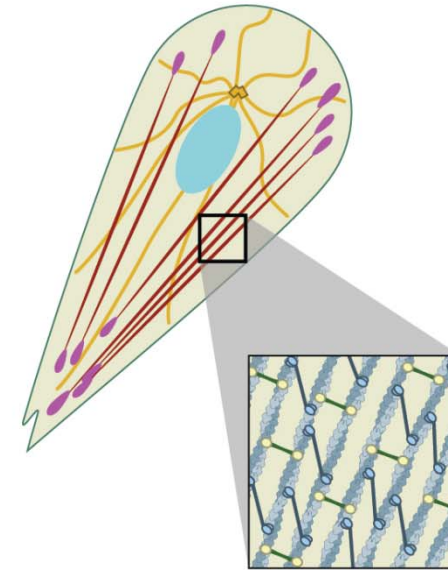
Circular shape
Low Friction
Actin flow
Low forces

Intermediate stiffness



Assembly of stress fibers
Orientation of actin domains

Stiff substrates
Fibronectin coated surfaces
Long time scales

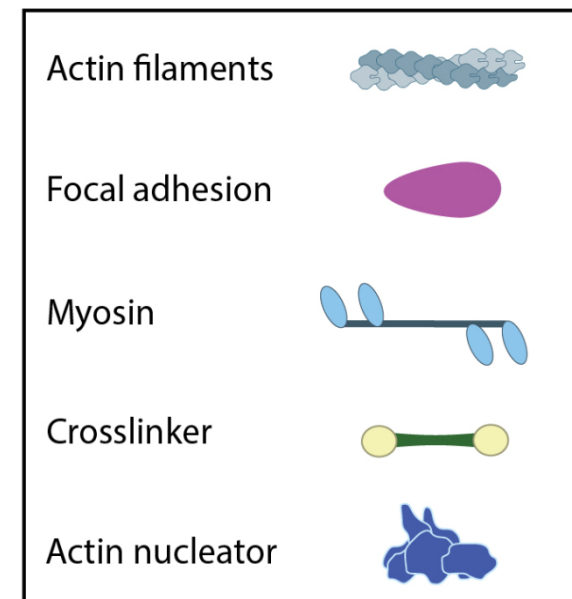
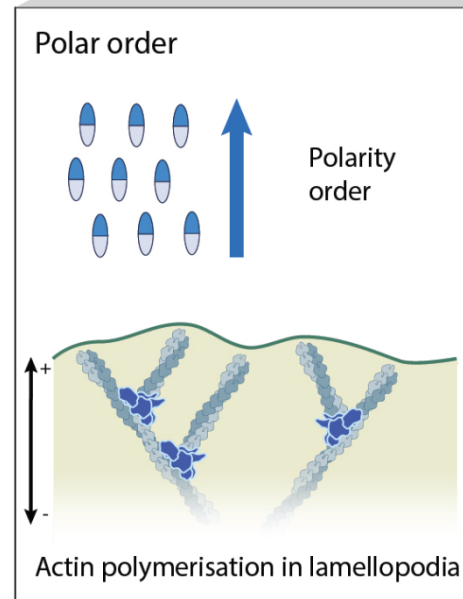
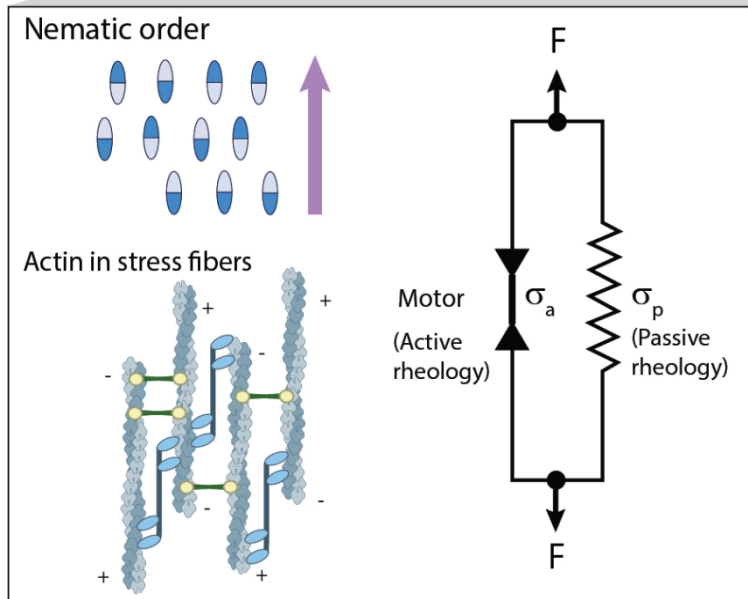
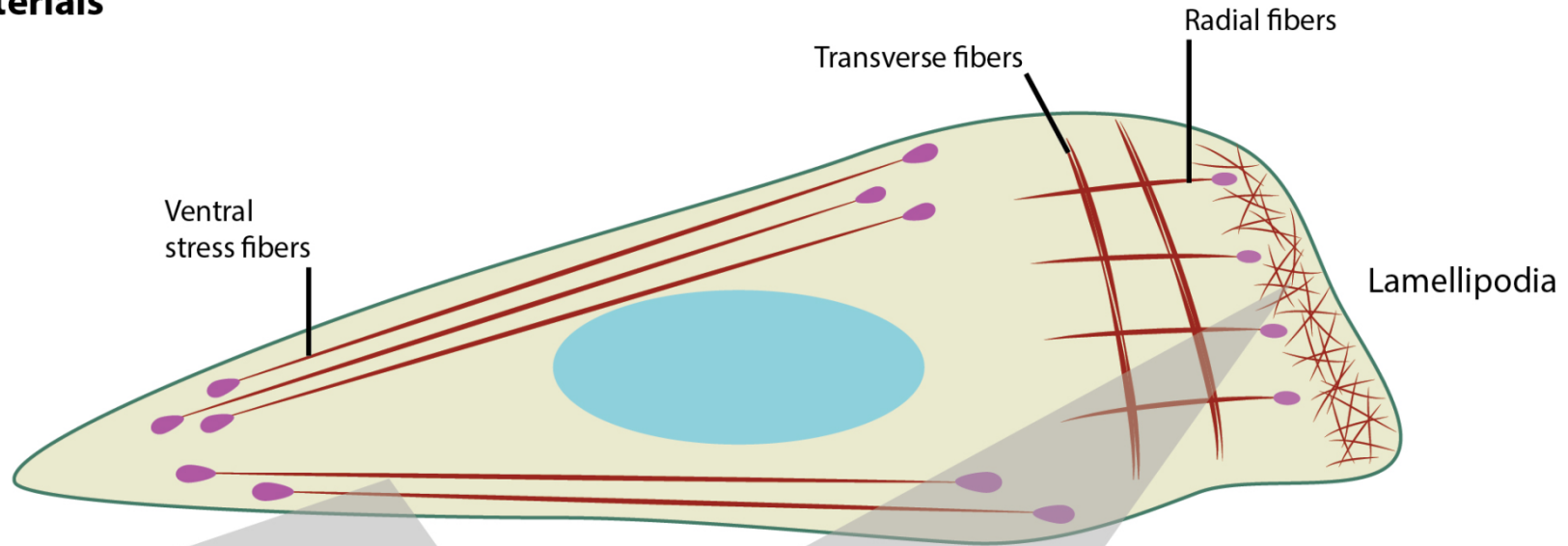


Polarized cytoskeleton
High friction
Stable stress fibers
High forces
Nematic order

Fluid

Solid

Active materials



Cell Adhesion & Mechanics lab

- Rima Seddiki
- Pierre Olivier Strale
- Laurence Duchesne
- Thao Nguyen
- Grégoire Peyret
- Delphine Delacour
- Marc-Antoine Fardin
- Jeremy Magescas
- Julie Salomon

- Chandra Murade
- Bibhu Sarangui
- Adeline Mayeux
- Mukund Gupta
- Horacio Lopez-Menendez
- Tomita Stirbat
- Simon Begnaud
- Estelle Gauquelin



Lim Chwee Teck

Pakorn Tony
Kanchannawong



Sylvie Hénon
Lorraine Montel



James Nelson



NORTHWESTERN
UNIVERSITY

Sergey Troyanovsky



Collaborations transdisciplinaires

Physique

Expérimentale



Sylvie Hénon
Lorraine Montel



Mingxi Yao
Jie Yan

Department of Physics
Faculty of Science

Théorique/ Modélisation



LABORATOIRE

Jean Perrin

Raphael Voituriez



Nir Gov



Philippe Marcq

Mathématiques



Laurent Desvillette
Simona Mancini

> Laboratoire MAPMO

Mathématiques - Analyse,
Probabilités, Modélisation - Orléans
Fédération Denis Poisson
Université d'Orléans & CNRS

Médecine



Olivier Goulet

