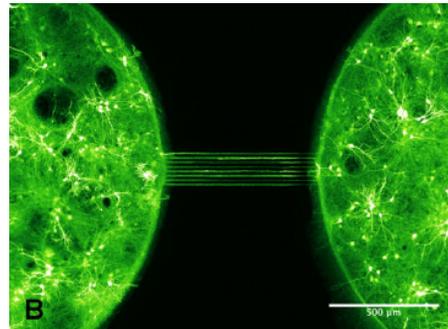
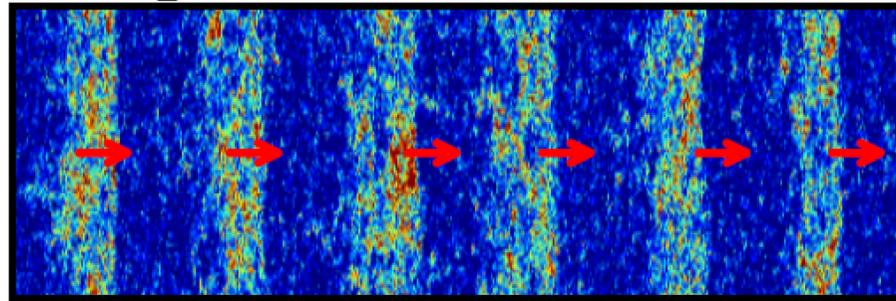
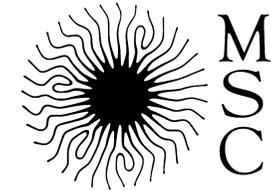
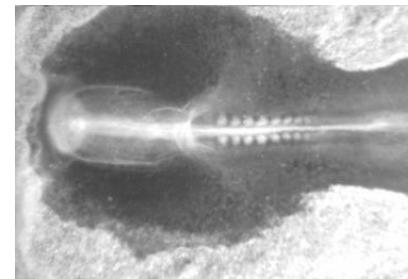


Expériences et Simulations sur des Systèmes Complexes au Laboratoire MSC



Laurent LIMAT, DR1
Directeur d'UMR
(au 1^{er} janvier 2016)
ldlimat@gmail.com

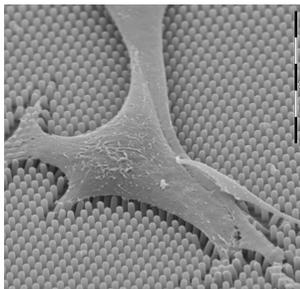


Laboratoire Matière et Systèmes Complexes:
UMR7057, CNRS et Univ. Paris Diderot, UFR de Physique

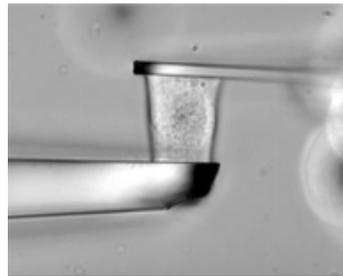
- 150 people :
- 65 permanent researchers (23 CNRS + 42 assistant profs and profs)
 - 20 engineers and technicians
 - 50 PhD et post-docs (40+10)

5 main teams of research :

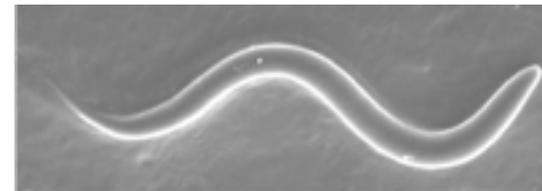
- **Physics of living systems** (membranes, mechano-transduction, adhesion, locomotion)



S. Hénon

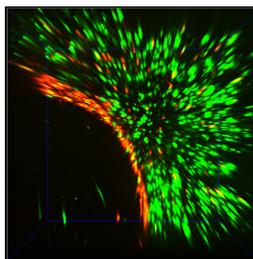


A. Asnacios



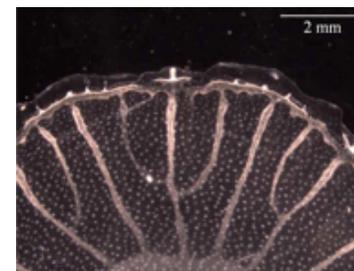
P. Hersen, J.M. Di Meglio

- **Biofluidics** (biological flows, vascularization, angio- et embryogenesis, biology of développement, tissue engineering)



F. Gazeau, C. Wilhelm

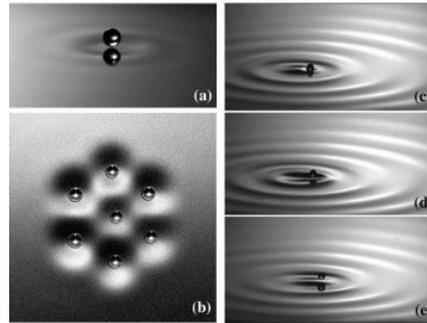
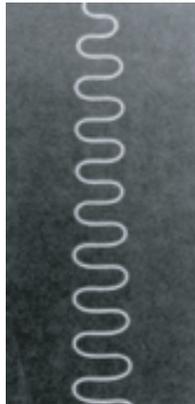
Clinic strategies + Morphogenesis



A. Cornelissen, V. Fleury,
M. Durand, F. Graner

-Dynamics of out of equilibrium systems (hydrodynamics, wetting, granular media foams, morphogenesis, phyllotaxy)

A. Daerr,
P. Brunet,
M. Roché,
L. Royon,
LL...



Y. Couder



S. Courrech, J. Derr,
S. Douady



Y. Falcon, M. Berhanu

- Soft matter dynamics (nanoparticles , emulsions, foams, polymers, copolymers and self-assembly)



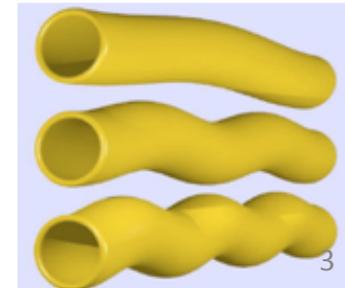
S. Lerouge, A. Ponton...



F. Elias, C. Derec,
V. Leroy, C. Gay...

- Theory (dynamical systems, out of equilibrium statistical physics, mechanics, simulations, active media)

J.B. Fournier, F. Van Wijland,
J. Tailleur, S. Bottani
P. Monceau, M. Courbage...



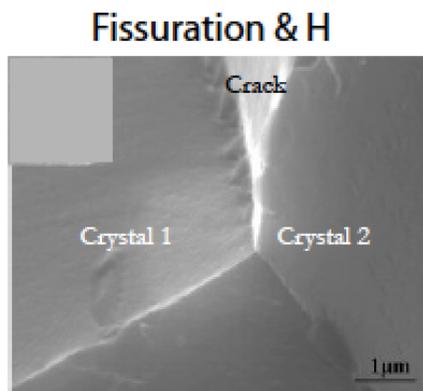
MSC est impliqué dans deux projets exposés aujourd'hui:

- **Dynamique du Vivant (J. M. di Meglio)**: « Dynamique du vieillir » , analyse grand nombre de données. Suivi , grâce à bracelets « connectés », de cohortes de personnes âgées pour étudier évolution de leur activité physique et graphe de leurs interactions sociales (av. Paris Descartes, IRD, Sciences Po et EHESP).

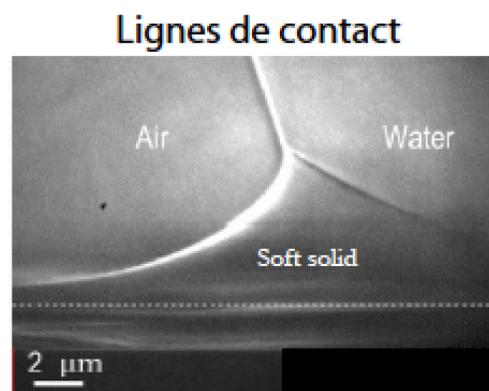
=> exposé de **Fanny Georges** et d'autres intervenants dans l'après-midi.

- **Dynamique Systèmes Hors Equilibres (L. L, M. Roché, P. Brunet)**: « Modelisation théorique et numérique LabEx SEAM » de matériaux complexes avec effets de mouillage aux surfaces (av. ITODYS et LSPM P13, projet MMEMI)

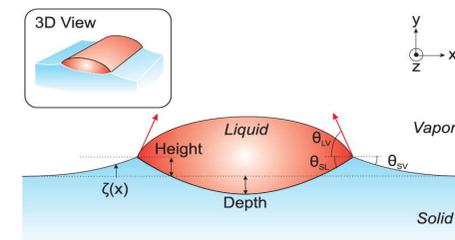
=> Intervenant: **Sylvain Queyreau (LSPM)/Khaled Hassouni (P13)**



[Ben Ali et al. 2013]



[Park et al. 2014]



Mais nous avons également d'autres projets en cours:
pluridisciplinaires: physique/biologie/mécanique/géophysique

-1 - Dynamique collective (bactéries, animaux, oiseaux, dunes migrant sous le vent...)
J. Tailleur, A. Daerr, G. Grégoire, S. Courrech...

-2 - Réseaux de neurones « réalistes » (similaires à l'expérience)
S. Bottani, P. Monceau, S. Metens...

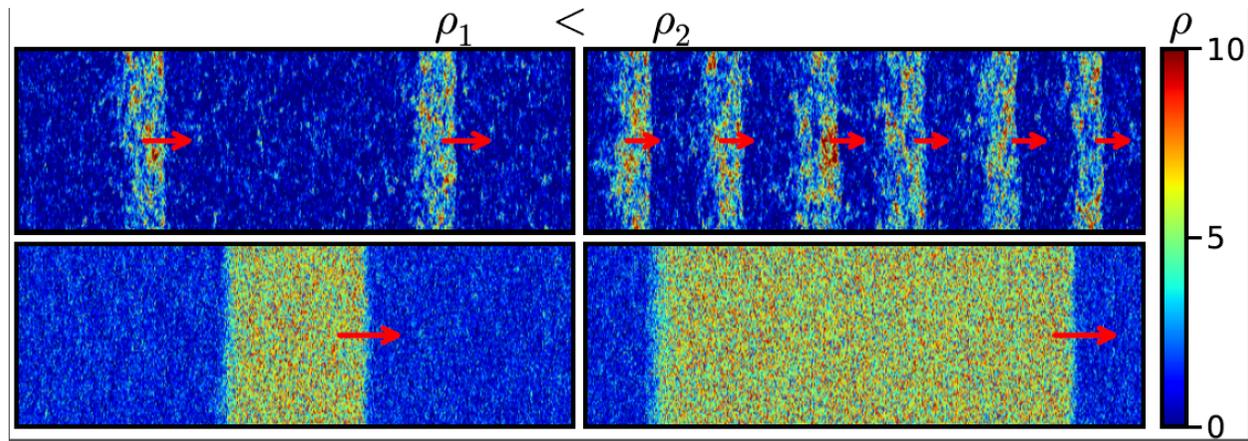
-3 - Dynamique des vagues à la surface de l'eau: turbulence et turbulence d'ondes
E. Falcon, M. Berhanu...

-4 - Exploration de la mécanique de tissus vivants ou de systèmes complexes par traitement d'images: V. Fleury, A. Daerr, M. Roché...

Sans être encore du « big data », les deux premiers font appel à des ressources numériques « puissantes » (Cluster MSC, et Centre de Calcul d'Orsay ou de Montpellier), et les deux autres y viendront tôt ou tard.

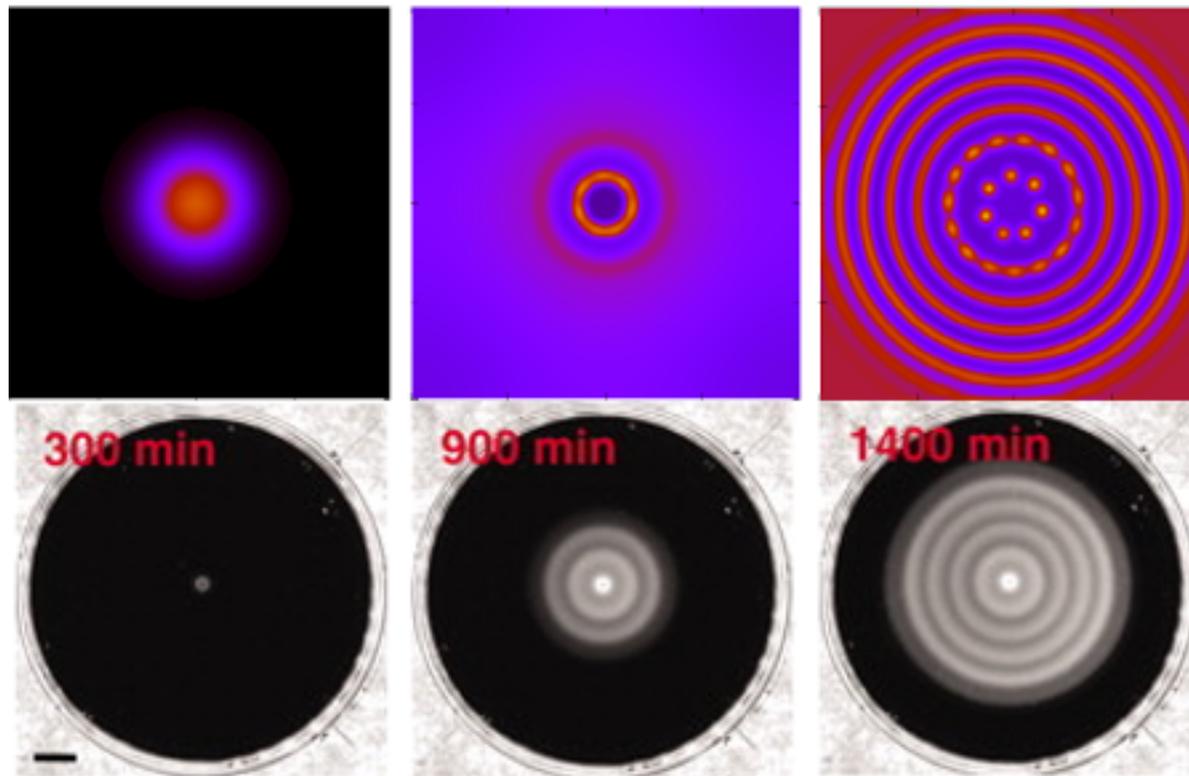
Egalement: 5 -Statistiques et Croissance des Villes, S. Douady, C. Lagesse, P. Bordin (ESTP)
(aux frontières des sciences sociales, physique/géomatique...)

1 - Nuées d'oiseaux et bancs de poissons:



Modélisation multi-échelle des systèmes actifs (colonies de bactéries, flocks d'oiseaux, etc.).

Colonies de bactéries:



Simulations

Expériences

J. Tailleur
A. Daerr

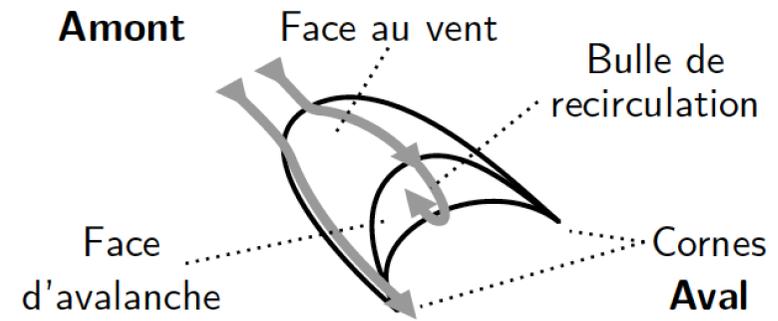
Collab. Hong Kong

Un système collectif original: les barkhanes

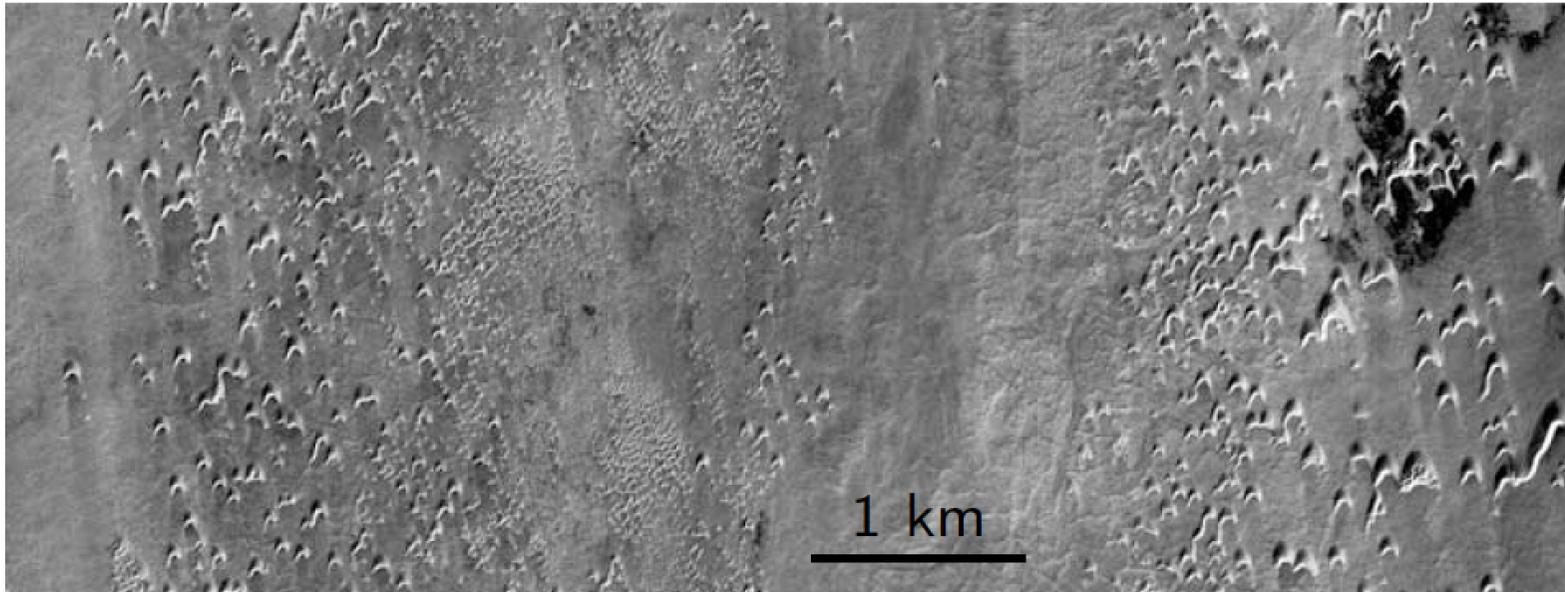
(S. Courrech, T. Fardet, G. Grégoire)



Expérience de labo



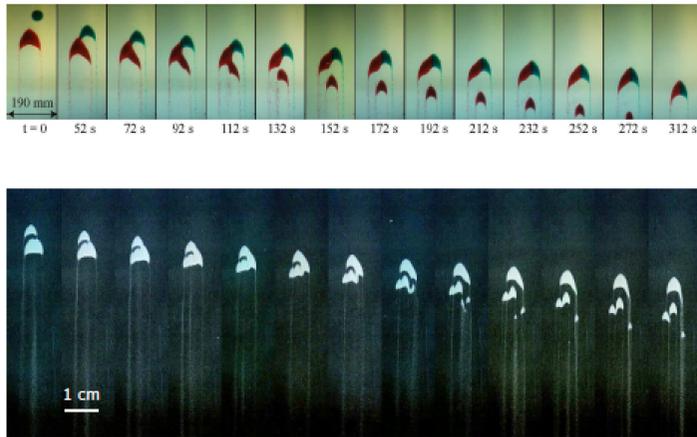
Vue d'avion (Maroc):





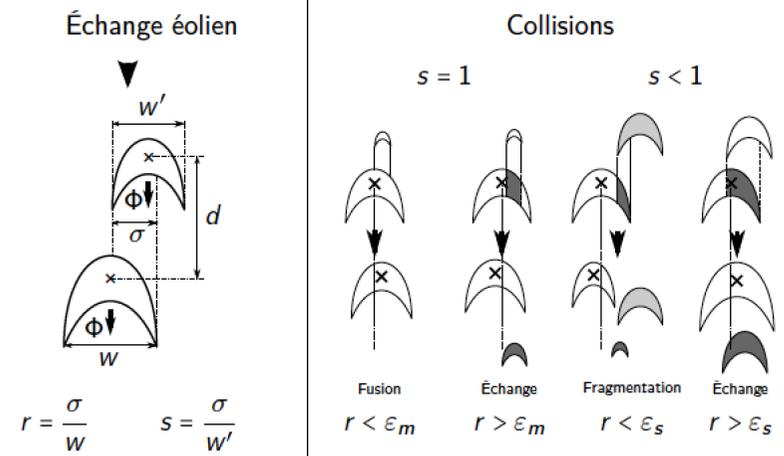
Barkhanes martiennes.
©HiRISE, NASA

Des objets qui interagissent

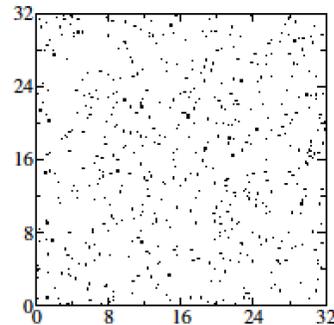


Hersen, J. Geophys. Res. 2005

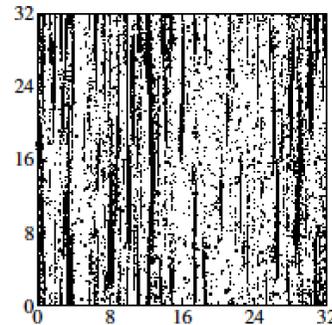
Le modèle d'agents



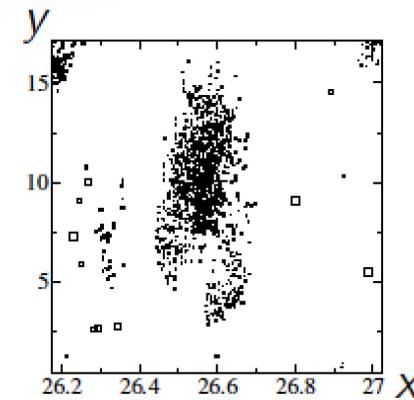
Dilué ($\xi \rightarrow 0$)



Dense ($\xi > 1$)



↓ Vent



Aspect d'un amas.

Moyens de calculs: cluster MSC, 200 coeurs (en cours de doublement),
30 processeurs

- **Projet : 2 -Modélisation de l'activité de réseaux de neurones in vitro (Etude et caractérisation par modélisation et simulation de cultures de neurones)**

⇒ Comprendre les ingrédients physico-chimiques impliqués dans des phénomènes collectifs (synchronisation)

⇒ Propagation de Vagues d'activité (bursts)

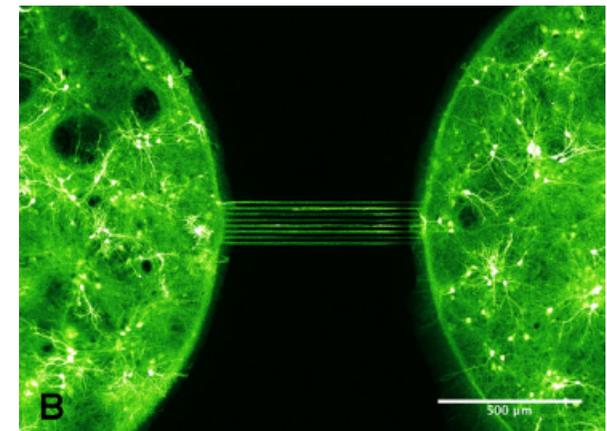
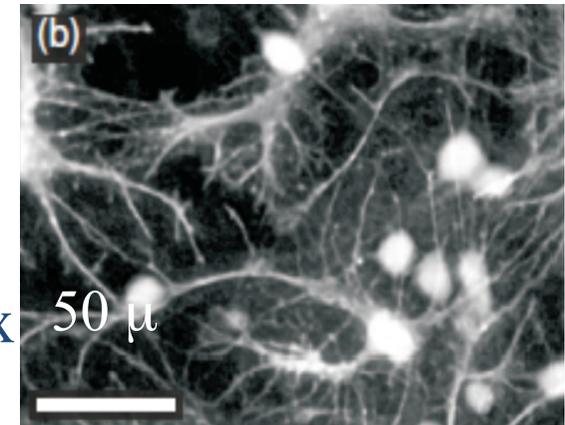
⇒ Plasticité synaptique et apprentissage

- Plateforme de simulation des réseaux neuronaux
NEST

- Modèles inspirés de celui de Hodgkin-Huxley et fittés sur des données biologiques.

- **Projet sur ordinateur massivement parallèle IBM Blue Gene/Q jusqu'à 65.536 cœurs à l'IDRIS (ORSAY)**

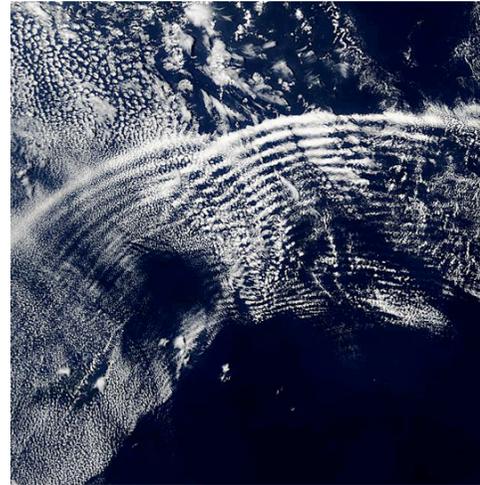
- $N \sim 200\,000$ neurones / 50-150 liens par neurone



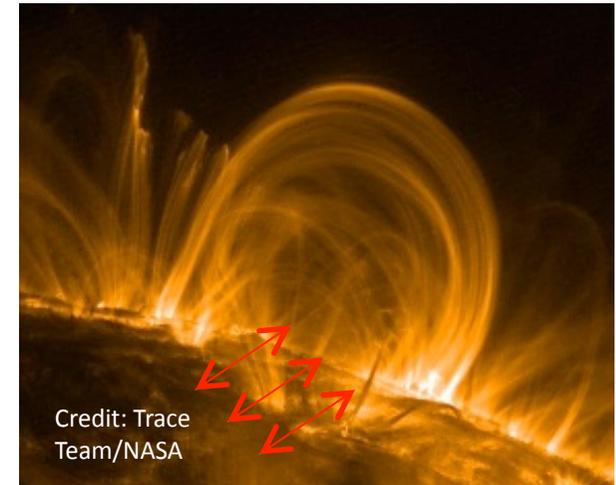
3 - Wave Turbulence (E. Falcon, M. Berhanu, with S. Popinet)



Océan

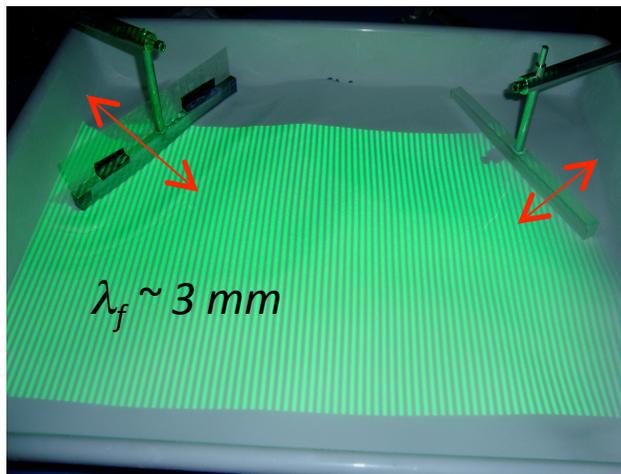


Atmosphère (ondes internes)

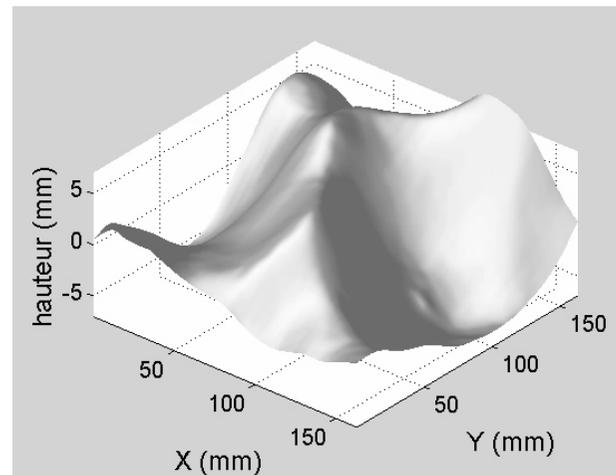


Ondes d'Alfven

Expérience de labo:



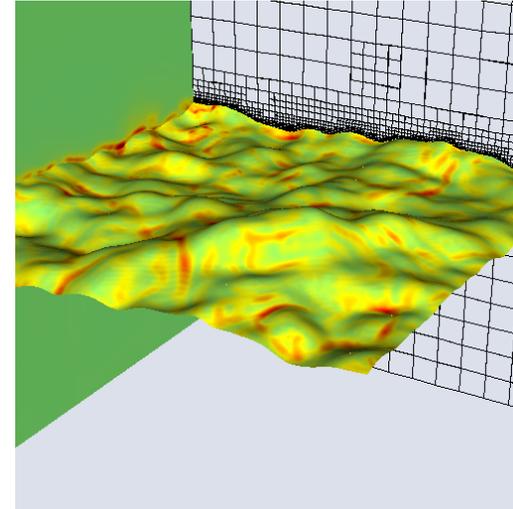
36 x 46 x 7 cm



Statistics,
Spectra,
etc

Projects:

- Comparison with numerical simulations (Popinet et al, VOF method with Gerris solver)
- Study of pure capillary waves in a periodic domain
- After convergence to a stationary state
=> **wave turbulence regime**

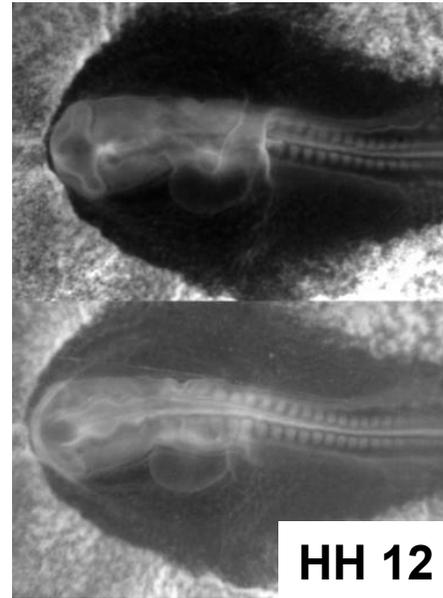
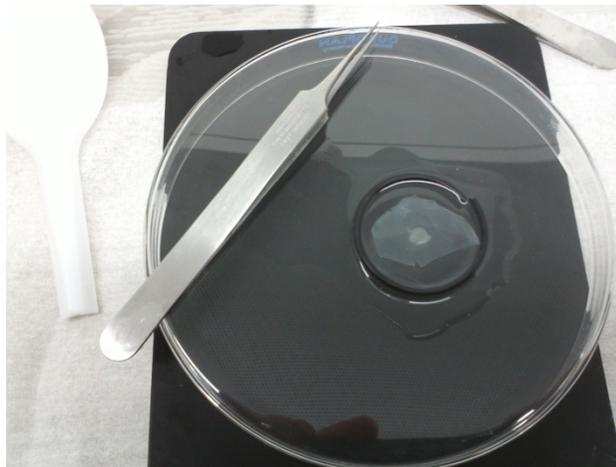


Traitement d'images et de données sur des **mesures in situ (satellites)**:

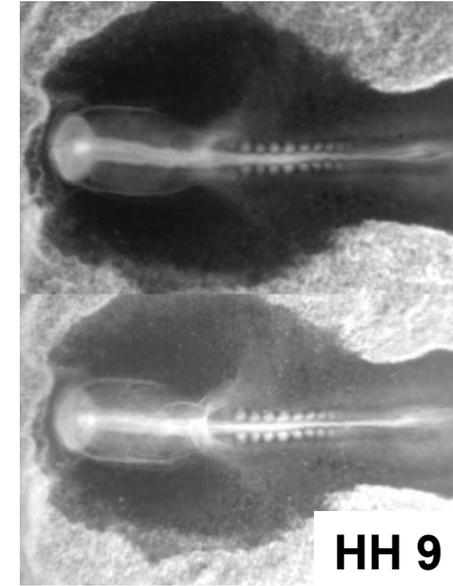
- cartographie des dunes et des vents en **géophysique**
- cartographie des vagues, courants et vents en **océanographie** (données marines issues de bases de données (Ifremer: <http://cersat.ifremer.fr/>)

<http://wwz.ifremer.fr/Les-sciences-marines/Moyens-nationaux/Centres-de-donnees>

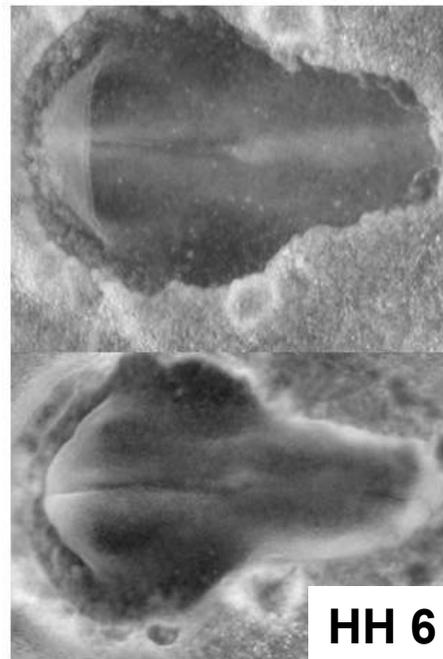
4 - Imagerie du développement embryonnaire in vivo (V. Fleury)



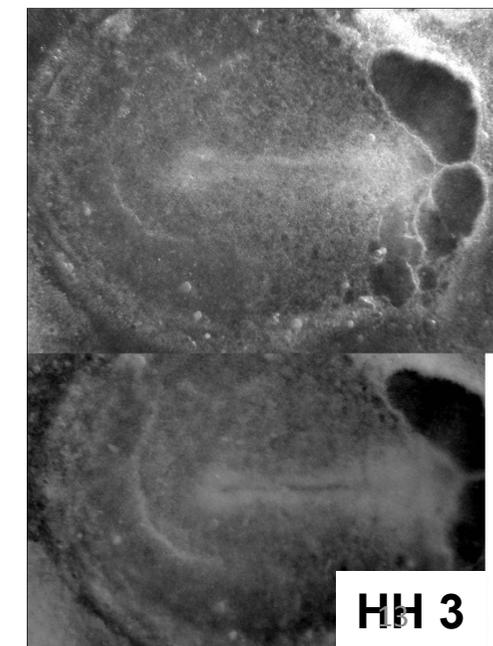
HH 12



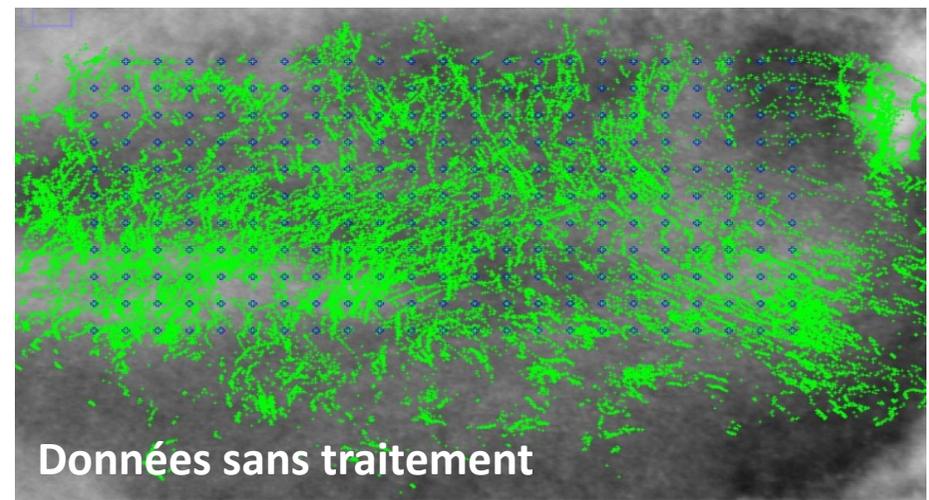
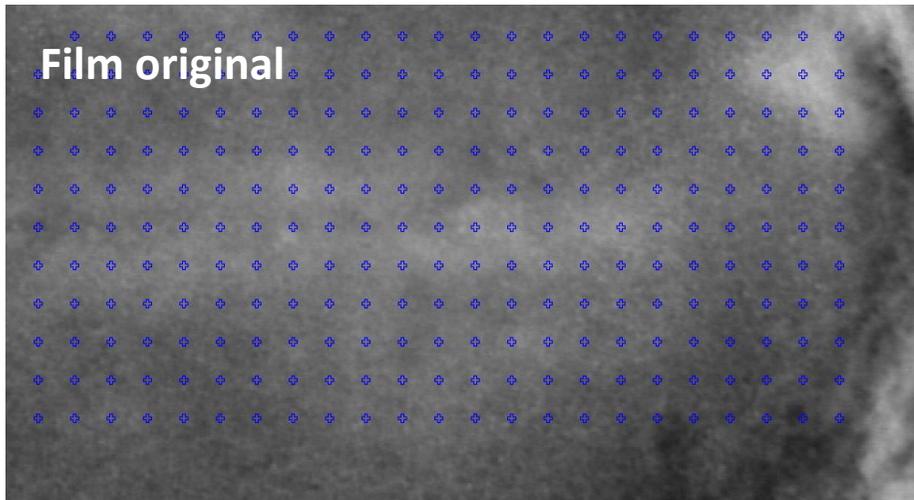
HH 9



HH 6



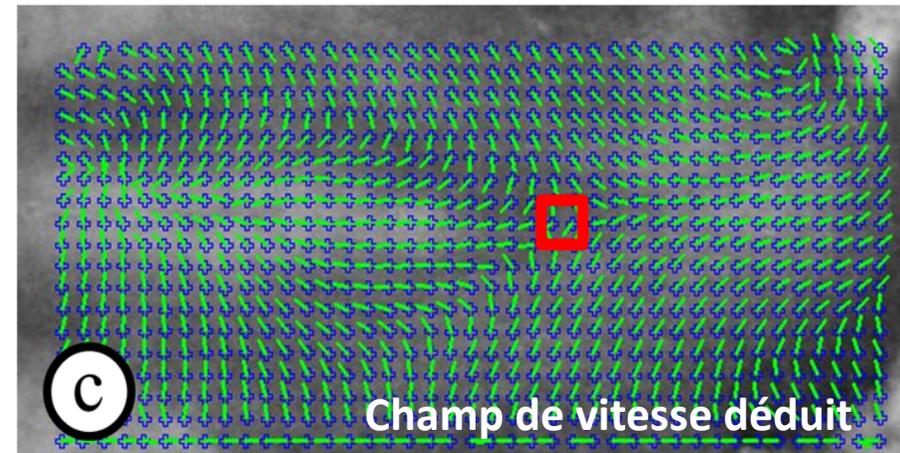
HH 3



Films en Time-Lapse
Mise en registre
(élimination de dérive, seuillages etc.)

Extraction des vitesses et déformations
en tout point

Taille typique d'un film : entre
100Mb et 2Gb (Film HD, intervalle 10 sec)



PIV: Particle Imaging
Velocimetry
Détection des points
dans le stack par
fonction de corrélation

5 - Dernier projet: Statistiques des villes

(S. Douady, C. Lagesse, P. Bordin)

Closeness

voies

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9



0 2.5 5 7.5 10 km

Bruxelles



7.5 10 km

San-Francisco

Contacts

-Dynamique collective (bactéries, animaux, oiseaux, dunes migrant sous le vent...)

Julien Tailleur: <julien.tailleur@univ-paris-diderot.fr>

-Réseaux de neurones « réalistes » (similaires à l'expérience)

Samuel Bottani: <samuel.bottani@uspc.fr>

-Dynamique des vagues à la surface de l'eau: turbulence et turbulence d'ondes

Eric Falcon: <eric.falcon@univ-paris-diderot.fr>

-Exploration de la mécanique de tissus vivants ou de systèmes complexes par traitement d'images: Vincent Fleury: vincent.fleury@univ-paris-diderot.fr

- Statistique et croissance des villes: Stéphane Douady <ste.doua@gmail.com>

Laurent Limat : ldlimat@gmail.com