

## Modélisation et Apprentissage Statistique de Formes Spatio-temporelles en Dynamique Cellulaire et Imagerie 5D

### CONTEXTE

Le développement de la biologie intégrative se caractérise par la mise en œuvre de nouvelles techniques qui produisent des données en masse et de nature variée: analyse des séquences, des données d'expression, des données-images, des données bibliographiques, ... Faciliter l'extraction et la structuration automatiques des informations dynamiques contenues dans des séquences temporelles d'images obtenues en vidéo-microscopie 4D est désormais une nécessité en biologie pour rendre compte de la localisation et la conformation spatio-temporelle de nombreuses constructions de la cellule.

Cette problématique représente aussi un véritable défi scientifique en traitement d'image qui implique mathématiques appliquées et informatique.

### OBJECTIFS

Ce projet, centré autour de l'imagerie dynamique, vise à avancer dans la compréhension de l'évolution dynamique de deux protéines qui feront l'objet d'expérimentations: CLIP 170 impliquée dans l'ancrage des kinétochores (complexe protéique assemblé autour du centromère de chaque chromatide des chromosomes), aux extrémités des microtubules ; Rab6a' impliquée dans une nouvelle voie de transport entre l'appareil de Golgi et le réticulum endoplasmique.

Il exige de se doter de modèles mathématiques et d'outils informatiques pour :

- construire des descripteurs de mouvement de bas niveau en vidéo microscopie (trajectoires spatio-temporelles partielles)
- suivre des particules mobiles dans des séquences 4D en tenant compte des événements de coalescence et des interactions multiples entre les particules et groupes de particules en mouvement.
- reconstruire et analyser la trajectoire complète de chaque particule ou groupe de particules.
- comparer les descripteurs de mouvement pour la reconnaissance d'événements spatio-temporels en biologie cellulaire.

### PROJET

Adapter les algorithmes d'estimation du mouvement et de suivi de particules en prenant en compte toute la complexité des dynamiques des groupes de particules en nombre élevé, et toute la spécificité de la vidéo-microscopie 4D.

Identifier et apprendre des modèles de dynamiques en vidéo-microscopie pour la reconnaissance, en s'appuyant notamment sur des techniques d'apprentissage et de modélisation stochastique (processus markoviens).

### RESULTATS

- Etude du problème de la restauration de séquences temporelles d'images 4D [1-4] et développement d'un logiciel associé.
- Etude de la présentation par *kymogrammes* pour la reconstruction de trajectoires spatio-temporelles [6-7].
- Etude de la détection de petites particules dans des images en environnement bruité [5].
- Construction de simulateurs 4D pour le trafic cellulaire.

### CALENDRIER

- 2004 Décembre (Paris): démarrage
- 2005 Début de thèse de I. Bechar (bourse ACI-IMPBIO) ; séjour de J. Boulanger (IRISA) à l'INRA et de V. Racine (Institut Curie) à l'IRISA ; réunion d'avancement en septembre (Rennes).

### LABORATOIRES IMPLIQUES

IRISA – INRIA Rennes / Équipe Vista / Rennes  
INRA / Unité MIA / Jouy-en-Josas  
Institut Curie / UMR 144 / Paris  
Université de Rennes 1 / UMR 6026 / Rennes

### MOTS CLES

Vidéo-microscopie 4D, analyse de séquences d'images, débruitage et détection, apprentissage statistique, estimation du mouvement, suivi de particules, trajectographie, kymogrammes, protéines Rab6 et CLIP 170.

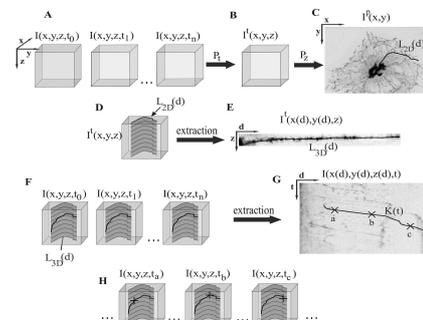
### PUBLICATIONS PRINCIPALES

- [1] C. Kervrann, J. Boulanger P. Bouthemy. Spatio-temporal analysis in 4D video-microscopy. *ERCIM News (special theme: Biomedical Informatics)*, 60, 2005.
- [2] J. Boulanger, C. Kervrann, P. Bouthemy. An adaptive statistical method for 4D-fluorescence image sequences with spatio-temporal discontinuities preserving. In *Symposium Imaging for Medical and Life Sciences (IMVIE2)*, Illkirch, France, 2005.
- [3] J. Boulanger, C. Kervrann, P. Bouthemy. An adaptive statistical method for denoising 4D fluorescence image sequences with preservation of spatio-temporal discontinuities. In *Proc. Int. Conf. on Image Processing (ICIP'05)*, Genova, Italy, 2005.
- [4] J. Boulanger, C. Kervrann, P. Bouthemy. Adaptive spatio-temporal restoration for 4D fluorescence microscopic imaging. In *Int. Conf. on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI'05)*, Palm Springs, CA, USA, 2005.
- [5] C. Kervrann, J. Boulanger. Local adaptivity to variable smoothness for exemplar-based image regularization and representation, Rapport de Recherche INRIA RR-5624, 2005.
- [6] V. Racine et al. Visualization and quantification of vesicle trafficking on a 3D cytoskeleton network in living cells. Rapport interne, Institut Curie, janvier 2005.
- [7] Angenieux et al. The cellular pathway of CD1e in immature and maturing dendritic cells. *Traffic*, 6(4): 286-302, 2005.

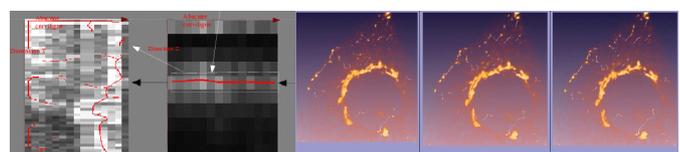
### RESULTATS EXPERIMENTAUX



Restauration spatio-temporelle d'une image 3D réelle présentant l'appareil de Golgi et les vésicules de transport de protéines (spots lumineux) – IRISA.



Extraction de trajectoires spatio-temporelles dans un volume 4D par la méthode des kymogrammes - Institut Curie & INRA.



Reconstruction 4D de trajectoires partielles de vésicules de transport - INRA.