



INS2I

**NOUVELLES
IMAGERIES**

JOURNÉES EN HOMMAGE

À CHRISTIAN BARILLOT

16 & 17 DÉCEMBRE 2020
CONFÉRENCE VIRTUELLE

MERCREDI 16 & JEUDI 17 DÉCEMBRE 2020 CONFÉRENCE VIRTUELLE

MERCREDI 16 DÉCEMBRE 2020

9h00-9h20

Accueil, introduction par
Christian Jutten, Laure Blanc-Féraud,
Hervé Liebgott et Jean-Marc Jézéquel

9h20-10h20

**Nouveaux enjeux pour l'acquisition
d'IRM de diffusion pour la microstructure**
Emmanuel Caruyer, IRISA

10h20-10h40

Pause

10h40-11h40

**Développements et innovations
en imagerie bio-médicale**
Monique Bernard, CRMBM

11h40-12h15

**Projet Hemisfer : l'imagerie cérébrale au service
de la rééducation grâce au Neurofeedback**
Isabelle Bonan, CHU Rennes,
Claire Cury et Anatole Lécuyer, IRISA
Giulia Lioi, Lab-STICC

12h15-14h00

Pause

14h00-15h00

**Improving the resolution of fluorescence
microscopy : from Structured Illumination
Microscopy to Random Illumination Microscopy**
Anne Sentenac, Institut Fresnel

15h00-16h00

**Achieving higher resolution in 3D fluorescence ima-
ging: deconvolution microscopy and single-molecule
localization microscopy**
Daniel Sage, EPFL

16h00-16h15

Pause

16h15-17h15

Spying on cells with glowing chemical-genetic hybrids
Arnaud Gautier, LBM

Dans notre monde numérique, les sciences de l'information jouent un rôle de premier plan dans nombres de domaines, en particulier dans le domaine de la santé. Ainsi pour se limiter à quelques exemples :

- la médecine de demain s'appuiera sur la science des données pour analyser des masses de données hétérogènes sur les pathologies, les patients, la génomique, etc. pour proposer une approche personnalisée, préventive, prédictive et participative ;
- la robotique devient une aide précieuse pour le chirurgien, les exosquelettes sont des dispositifs protecteurs pour la ré-éducation, le handicap ou la prévention de risques dans des métiers manuels;
- l'imagerie médicale classique (EEG, IRM, échographie) de même que l'imagerie biologique classique (microscopie de fluorescence, électronique) s'enrichit régulièrement avec des nouvelles techniques, plus précises, plus rapides allant vers l'imagerie 3D ou 4D.

Bien évidemment, le développement de ces nouvelles approches requiert des travaux de recherche pluridisciplinaire mettant en jeu des chercheuses et chercheurs en sciences de l'information, en sciences biologiques et médicales.

L'INS2I avait ciblé son année thématique 2019 sur le thème « Sciences de l'Information et Santé », et en avait confié le pilotage à un comité mixte CNRS-Inserm piloté par Christian Barillot (IRISA, Rennes) et Christian Jutten (INS2I et Gipsa-Lab, Grenoble). Plusieurs journées scientifiques illustrant quelques-unes des facettes de ce sujet ont été définies, dont cette journée Nouvelles Imageries, initialement prévue en décembre 2019 et deux fois reportée. Entretiens Christian Barillot nous quittait malheureusement.

Christian Barillot, directeur de recherche CNRS classe exceptionnelle, était un chercheur internationalement reconnu en traitement des images médicales. Ses travaux constituent un remarquable exemple de recherche interdisciplinaire réussie, alliant des approches statistiques novatrices, des développements algorithmiques efficaces et le transfert vers la pratique clinique. Ceci a ouvert de nouvelles voies pour accompagner l'explosion de la quantité d'images médicales multimodales et multidimensionnelles, et aider les médecins à les interpréter et à les exploiter. Il est naturel de lui dédier cette journée scientifique et de lui rendre hommage par des exposés relatifs à son travail par ses collaborateurs.

Cette journée focalisée sur les « Nouvelles Imageries » est organisée par Laure Blanc-Féraud (I3S, Nice), Hervé Liebgott (CREATIS, Lyon), Emmanuel Caruyer (IRISA, Rennes) en collaboration avec l'Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions, (INS2I) du CNRS, avec le soutien de l'Institut national des Sciences Appliquées de Lyon (INSA), du Centre de Recherche en Acquisition et Traitement d'Images pour la Santé (CREATIS - CNRS/ Inserm/Université de Lyon/INSA Lyon), du laboratoire Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia-Antipolis (I3S - CNRS/Inria/Université Nice Sophia-Antipolis) et de l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA - CNRS/ENS Rennes/Inria/INSA Rennes/IMT Atlantique/Université de Bretagne-Sud/Université de Rennes 1).

INSCRIPTION : [HTTP://JNI.I3S.UNICE.FR](http://jni.i3s.unice.fr)

L'inscription est gratuite mais nécessaire avant le 14 décembre pour recevoir le lien de diffusion de la conférence.

MERCREDI 16 & JEUDI 17 DÉCEMBRE 2020
CONFÉRENCE VIRTUELLE

JEUDI 17 DÉCEMBRE 2020

9h00-9h35

Quantitative MRI Analysis: From voxel to knowledge

Pierrick Coupé, LaBRI

9h35-10h35

Super-resolution ultrasonore

Olivier Couture, LIB

10h35-11h00

Pause

11h00-11h35

Biomarqueurs d'imagerie pour la sclérose en plaques

Anne Kerbrat, CHU Rennes
Gilles Edan, IRISA

11h35-12h10

Imagerie cérébrale néonatale

François Rousseau, LaTIM

12h10-12h45

**Imageurs, encore un effort si
vous voulez partager vos données !**

Michel Dojat, GIN

EMMANUEL CARUYER

Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (CNRS/ENS Rennes/Inria/
INSA Rennes/IMT Atlantique/Université de Bretagne-Sud/Université de Rennes 1)

Nouveaux enjeux pour l'acquisition d'IRM de diffusion pour la microstructure

L'IRM de diffusion permet de caractériser la microstructure de façon indirecte, en observant le mouvement des molécules d'eau. Depuis le tenseur de diffusion, un certain nombre de modèles empiriques ou biophysiques ont été proposés pour décrire la diffusion plus finement et inférer les propriétés microscopiques des tissus. L'avancée des connaissances dans le domaine met en lumière le lien étroit entre la conception de l'acquisition et la sensibilité aux paramètres de microstructure. Je présenterai un certain nombre de méthodes visant à optimiser l'acquisition et la reconstruction, en tenant compte des différentes contraintes que sont le temps d'acquisition pour un examen in vivo, les limites physiques et physiologiques liées à l'utilisation de forts gradients de champ magnétique ainsi que la nécessité d'invariance par rotation pour éviter tout biais lié à l'orientation locale des tissus.

MONIQUE BERNARD

Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale (CNRS/ Aix-Marseille Université /CHR Marseille)

Développements et innovations en imagerie bio-médicale

L'imagerie bio-médicale bénéficie des développements en amont dans les domaines de la physique, la chimie, les mathématiques et les sciences des données et offre aujourd'hui des outils d'exploration incontournables en recherche pré-clinique et clinique avec des biomarqueurs de plus en plus sensibles. Les technologies progressent constamment pour améliorer la résolution spatiale ou temporelle, ainsi que pour faire émerger de nouveaux contrastes afin de détecter et de caractériser les pathologies toujours plus précocement, mieux guider le diagnostic, la planification chirurgicale et le suivi thérapeutique. La complémentarité des différentes méthodes d'imagerie est exploitée par la combinaison des informations et le développement des technologies hybrides. L'imagerie évolue également avec les avancées en chimie des agents d'imagerie vers la multimodalité et le théranostique. L'extraction de données quantitatives complexes à partir des images est également associée avec d'autres données omiques dans le contexte de la médecine de précision. Les imageurs portables et accessibles à tous représentent un enjeu d'intérêt en parallèle à la conception de prototypes innovants à diffusion plus restreinte. Les progrès dans les méthodes computationnelles, en particulier en intelligence artificielle révolutionnent non seulement le traitement mais aussi l'acquisition et la reconstruction des images dans les différentes modalités d'imagerie.

ISABELLE BONAN, CLAIRE CURY, ANATOLE LÉCUYER, GIULIA LIOI

CHU Rennes, Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (CNRS/ENS Rennes /Inria/INSA Rennes/IMT Atlantique/Université de Bretagne-Sud/Université de Rennes 1), Lab-STICC (CNRS/ENIB/ENSTA Bretagne/IMT Atlantique/Université Bretagne Occidentale/ Université Bretagne-Sud)

Projet Hemisfer : l'imagerie cérébrale au service de la rééducation grâce au Neurofeedback

Le Neurofeedback (NF) est une technique reposant sur l'autorégulation par le patient de son activité cérébrale qui lui est renvoyée en temps réel sous une forme simplifiée et ludique. Les implémentations NF reposent généralement sur une seule technique d'imagerie, historiquement sur l'EEG, qui offre les avantages de la portabilité et d'une bonne résolution temporelle, mais souffre d'une résolution spatiale limitée. Il est alors intéressant d'explorer d'autres techniques de détection telle que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), qui permet une identification plus précise des cibles corticales et donne accès à des régions plus profondes du cerveau. Le but du projet Hemisfer est d'obtenir une précision spatiale et temporelle améliorée et donc un indicateur plus spécifique de l'activité cérébrale en combinant ces deux technologies complémentaires jusqu'alors utilisées séparément en NF. Nous présenterons des méthodes issues de cette nouvelle combinaison d'imageries, permettant de mieux localiser l'activation cérébrale, et aussi d'améliorer les sessions en EEG seul en se basant sur des informations issues de l'IRMf. L'implémentation du traitement simultanés de l'EEG et de l'IRMf en temps réel est toutefois très complexe et n'a jamais été appliquée à la rééducation motrice. Cette présentation couvrira la description de la plateforme de NF bimodale et son application pour la réhabilitation de patients victimes d'un accident vasculaire cérébral (AVC) et souffrant d'une hémiplégie du membre supérieur. Des résultats préliminaires sur des patients chroniques qui montrent le potentiel du NF bimodale à induire une ré-activation des aires motrices péri-lésionnelles seront également présentés.

ANNE SENTENAC

Institut Fresnel (CNRS/Aix-Marseille Université/Ecole Centrale Marseille)

Improving the resolution of fluorescence microscopy: from Structured Illumination Microscopy to Random Illumination Microscopy

Fluorescence microscopy is the most widespread tool for getting real time images of specific protein distribution in live specimen over large volumes of observation (hundreds of thousands of microns cube). Unfortunately, its resolution, about 300 nm transversally and 1000 nm axially at best, is not sufficient for an accurate study of proteins interactions. On the other hand, super-resolution fluorescence microscopes using saturated fluorescence, STED, pointillist approach, like STORM, or intrinsic fluorescence fluctuations, such as SOFI or HAWK, yield images with a resolution below 100 nm but their toxicity, the time required for the data acquisition and processing restrict their use to small volumes of observation and slow temporal dynamics .

Presently, Structured Illumination Microscopy (SIM) is the best compromise between resolution and practical implementation on living samples. It consists in forming a super-resolved image of the sample by processing numerically several low-resolution images obtained for different positions and orientations of a known illumination pattern. The super-resolution of SIM stems from the spatial frequency content of the excitation pattern which down-modulates the sample high spatial frequencies below the frequency cut-off of the microscope. It can reach 100 nm transversally and 300 nm axially for the best periodic SIM. Yet, this achievement requires a precise knowledge of the illumination pattern. If the latter is deformed, the numerical process leading to the super-resolved image fails. As a consequence, SIM is limited to the observation of non-distorting, weakly scattering samples, or otherwise it requires the implementation of adaptive optics, the complexity of which prevents its use in most biological imaging platforms.

In this talk, we will present a novel microscopy technique, Random Illumination Microscopy, which gathers the resolution of periodic SIM and the ease of use of standard fluorescence microscopy. RIM consists in illuminating a sample with several realisations of a random speckle and processing the stack of images using statistical tools. It is based on a preliminar mathematical analysis, showing that a two-fold resolution gain, equivalent to that of periodic SIM, can be obtained from the second order statistics of the speckle images [Idier2018]. The statistical properties of fully developed speckles being insensitive to scattering, distortions and aberrations, RIM succeeds in cases where other super-resolution techniques fail.

Joint work with J. Idier (LS2N), T. Mangeat (CBI Toulouse)

DANIEL SAGE

équipe BIG, École polytechnique fédérale de Lausanne

Achieving higher resolution in 3D fluorescence imaging: deconvolution microscopy and single-molecule localization microscopy

Advanced microscopy techniques yield outstanding images (3D, time-lapse, multichannel), allowing one to address fundamental questions in developmental biology, molecular biology and neuroscience. Most of these techniques deploy computational methods that numerically reconstruct high-resolution or super-resolution images from the degraded measurements. A faithful reconstruction of a 3D image requires knowledge of the image acquisition model which mainly consists of the 3D point-spread function (PSF). In this presentation, I shall review two such techniques that highly rely on the PSF: 1) 3D deconvolution microscopy that helps to remove the out-of-focus and to improve the contrast of 3D images, and 2) 3D single-molecule localization microscopy that allows one to achieve super-resolution images (~25 nm in the lateral plane, ~75 nm in the axial direction). This presentation is based on our experience of organizing a grand challenge to benchmark a wide range of softwares on the same reference datasets.

ARNAUD GAUTIER

Laboratoire des Biomolécules (CNRS/Sorbonne Université/ENS)

Spying on cells with glowing chemical-genetic hybrids

Cells and organisms are complex machines driven by a set of dynamic biological events tightly orchestrated in space and time. Our understanding of their inner workings is intricately related to our ability to observe how their constituents organize and interact. During this talk, I will present the development of chemical-genetic tools for the observation of biomolecules and dynamic biochemical events in live cells and tissues. These hybrid systems are composed of a protein module and a synthetic small molecule. The advantage of using a protein module is that instructions for its manufacture can be easily and specifically introduced into cells in the form of DNA. In addition, its properties can be adjusted using protein evolution techniques. The interest of using a small synthetic molecule, on the other hand, is to be able to use molecular engineering to refine its properties, and thus benefit from the power of modern chemistry to explore biological processes. I will detail how such hybrid approach allowed us to design innovative fluorescent reporters and biosensors for various applications in fluorescence imaging and cell biology.

PIERRICK COUPÉ

Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (CNRS/Université de Bordeaux/
Bordeaux INP)

Quantitative MRI Analysis: From voxel to knowledge

This talk will present our work dedicated to quantitative MR analysis. First, I will introduce our brain segmentation methods based on patch-based framework and large ensemble of deep networks. Afterwards, I will describe our open access platform integrating the presented brain segmentation tools. The volBrain platform is now used by more than 4500 users worldwide. Finally, I will present our recent BigData studies using the volBrain platform dedicated to normal ageing and Alzheimer's disease. Here, I will present the new knowledge that we produced thanks to such massive processing strategy.

OLIVIER COUTURE

Laboratoire d'Imagerie Biomédicale (CNRS/Sorbonne Université/Inserm)

Super-resolution ultrasonore

L'imagerie ultrasonore est généralement limitée, à travers la longueur d'onde, par le compromis entre la résolution et la pénétration. En s'inspirant de la microscopie optique par localisation, nous avons proposé une approche de super-résolution ultrasonore pour l'imagerie préclinique et clinique de la microvascularisation. Cette technique implique l'injection d'agents de contraste ultrasonore sous la forme de microbulles qui sont ensuite imagées, séparées et localisées individuellement. L'accumulation des positions de ces microbulles avec une précision sub-longueur d'onde permet de reconstruire une image échographique avec une résolution pouvant atteindre 5 micromètres à plus d'un centimètre de profondeur chez l'animal vivant. Ces approches sont maintenant appliquées à l'imagerie des microvaisseaux dans le cerveau, le rein, le foie et le pancréas. Notre objectif est que cette technique améliore le diagnostic des accidents vasculaires cérébraux grâce à une angiographie super-résolue portable.

ANNE KERBRAT, GILLES EDAN

CHU Rennes, Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (CNRS/ENS Rennes /Inria/INSA Rennes/IMT Atlantique/Université de Bretagne-Sud/Université de Rennes 1)

Biomarqueurs d'imagerie pour la sclérose en plaques (exposé hommage)

L'imagerie par IRM a fondamentalement modifié le diagnostic et la prise en charge de la sclérose en plaques au cours des 2 dernières décennies. Dans cette présentation, nous détaillerons plusieurs projets collaboratifs menés conjointement par l'équipe Empenn de l'IRISA et les neurologues et radiologues du CHU de Rennes. Le point commun de ces projets est la recherche de biomarqueurs pour la sclérose en plaques, que ce soit à partir de l'imagerie médullaire quantitative, de l'imagerie spécifique de l'inflammation, ou encore de la détection automatique de nouvelles lésions. Cette présentation sera également l'occasion de rendre un hommage à Christian Barillot, qui en collaboration avec Gilles Edan, a été le moteur de ces projets.

FRANÇOIS ROUSSEAU

Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale (Inserm/ IMT Atlantique/
Université de Bretagne Occidentale)

Imagerie cérébrale néonatale

Chaque année en France, 55 000 enfants naissent prématurément, c'est-à-dire avant 37 semaines d'aménorrhée, dont 10 000 d'extrême prématurité (moins de 32 semaines). Des études portant sur les effets de la prématurité ont démontré que la majorité des enfants concernés présentaient des déficits moteurs, cognitifs ou comportementaux significatifs. Dans cet exposé, nous présenterons des travaux récents sur l'imagerie cérébrale néonatale afin d'améliorer les méthodes de compréhension du neuro-développement.

MICHEL DOJAT

Grenoble Institut des Neurosciences (Université Grenoble Alpes/Inserm)

Imageurs, encore un effort si vous voulez partager vos données !

Dans cette présentation, je décrirai le compagnonnage intellectuel que nous avons mené avec Christian. Je m'attarderai sur nos efforts, initiés il y a plus de 15 ans, pour permettre un partage fédéré des données d'imagerie in vivo cliniques et précliniques, et faciliter ce que nous désignons aujourd'hui sous le vocable de FAIR Data. Je soulignerai nos travaux pour la mise en place d'une architecture permettant la composition, l'exécution, la comparaison et la réutilisation de pipelines de traitement de ces images. Je conclurai sur l'état actuel de l'action IAM (Information Analysis & Management) de France Life Imaging que nous avons portée ensemble et qui entre à présent dans une nouvelle phase.

Photo de couverture : Ultrasound Localized Microscopy of the living rat brain

© Olivier Couture et al.

"Ultrasound Localization Microscopy and Super-Resolution: A State of the Art IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control, Vol 65, N° 8 August 2018"

INSTITUT DES SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LEURS INTERACTIONS

3, rue Michel-Ange 75016 Paris

<https://ins2i.cnrs.fr/>

Réalisation et mise en page : INS2I Communication

Novembre 2020

