



INSTITUT
PASCAL
sciences de l'ingénierie et des systèmes



IP News 4

La lettre d'information de l'Institut Pascal • Numéro 4 • Juin 2019

IP News revient pour mettre à l'honneur le travail de ses chercheurs. Ce quatrième numéro offre une vitrine aux travaux de l'Axe TGI (Thérapies Guidées par l'Image) qui a rejoint l'Institut Pascal en janvier 2017. Ses quatre thèmes, CaVITI, EnCoV, IGCNC et PEPRADE présentent leurs recherches et avancées récentes. TGI a choisi de montrer quelques facettes des activités de publication de 2017 et 2018, représentatives de l'ensemble des actions de recherche. Deux articles méthodologiques et/ou applicatifs ont été sélectionnés par thème.

L'équiP

Les avancées récentes de TGI : déjà deux ans au sein de l'IP



Cardio-Vascular Interventional Therapy and Imaging

Le thème CaVITI est divisé en trois sous-thèmes :

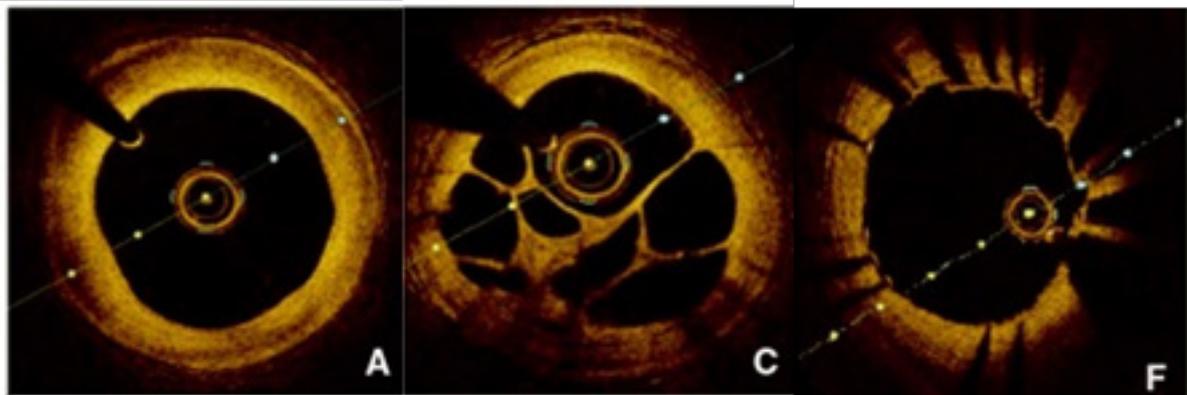
- Endoprothèses (application aux artères coronaires, à l'aorte et aux vaisseaux digestifs) :
 - modélisation de l'aorte thoracique et déformation de l'aorte synchronisée avec les mouvements cardiaques,
 - analyse endovasculaire en OCT de la plaque athéromateuse et des stents coronaires métalliques et biorésorbables via le développement d'outils de quantification automatique ou semi-automatique en pré-procédure, avec recalage non rigide des examens pour le suivi longitudinal,
 - simulation biomécanique personnalisée du déploiement des stents dans un environnement donné et mise en place d'un protocole permettant l'acquisition de vérités terrains.
- Embolisation : caractérisation tissulaire et modélisation des structures vasculaires pour permettre l'aide à la réalisation et le suivi des embolisations parenchymateuses, notamment dans le cadre de la pathologie fibreuse et cancéreuse du foie.
- Fonction et ischémie myocardique : détection et suivi de l'ischémie myocardique et bilan et suivi des asynchronismes cardiaques.

Les deux publications retenues pour illustrer le thème CaVITI sont :

[1] Diagnosis and Management of Spontaneously Recanalized Coronary Thrombus (SRCT) Guided by Optical Coherence Tomography (OCT)- Lessons From the French «Lotus Root» Registry, Souteyrand G, Valladier M, Amabile N, Derimay F, Harbaoui B, Leddet P, Barnay P, Malcles G, Mulliez A, Berry C, Eschalier R, Combaret N, Motreff P, Circ J. 2018 Feb 23;82(3):783-790, doi: 10.1007/s12350-017-0816-0.

[2] Validation of cadmium-zinc-telluride (CZT) camera for measurement of left ventricular systolic performance, Coupez E, Merlin C, Tuyisenge V, Sarry L, Pereira B, Lusson JR, Boyer L, Cassagnes L, J Nucl Cardiol. 2018 Jun; 25(3):1029-1036, doi: 10.1253/circj.CJ-17-0810.

En [1], une étude a été menée sur 33 patients présentant un thrombus coronarien recanalisé, thrombus sous-diagnostiqué en pratique clinique. Les SCRT identifiés dans les OCT ont été inclus dans une série multicentrique française. Alors que l'angiographie avait une valeur diagnostique limitée, l'étude a montré que l'OCT pouvait être utilisée pour définir les caractéristiques de la maladie et guider le traitement des lésions induisant une angine de poitrine et/ou une ischémie myochardique silencieuse. Images OCT : A) de référence, C) de thrombus recanalisé, F) après stenting.



En [2], des mesures de la performance systolique du ventricule gauche ont été réalisées avec une caméra CZT et avec d'autres modalités d'imagerie, comme l'échocardiographie ou l'IRM (imagerie par résonance magnétique) cardiaque. Les résultats obtenus montrent une bonne concordance entre ces trois techniques pour la mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche.

* * * * *



Endoscopy and Computer Vision

Le thème EnCoV travaille sur trois axes principaux de recherche :

- Recherche fondamentale focalisée sur la vision par ordinateur : recalage d'images, reconstruction 3D à partir des données image monoculaires et reconstruction 3D en environnement déformable.
- Recherche clinique : travaux en gynécologie sur les résultats cliniques de la chirurgie endoscopique (endométrieose, prolapsus), en pathologies digestives, hépatiques et coliques.
- Recherche interdisciplinaire en assistance par ordinateur au diagnostic et au geste interventionnel en endoscopie.

Les deux publications retenues pour illustrer le thème EnCoV sont :

[1] Use of Augmented Reality in Laparoscopic Gynecology to Visualize Myomas N. Bourdel, T. Collins, D. Pizarro, C. Debize, A.-S. Grémeau, A. Bartoli and M. Canis *Fertil Steril*. 2017 Mar; 107(3):737-739, doi: 10.1016/j.fertnstert.2016.12.016.

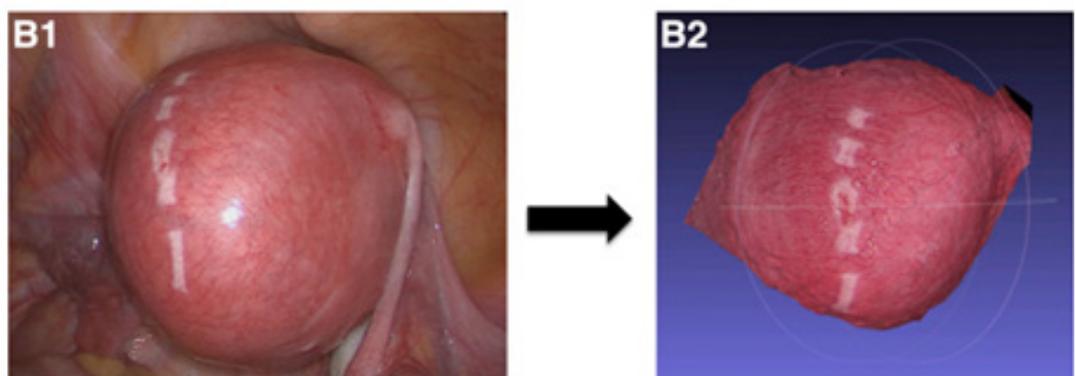
[2] Isometric Non-Rigid Shape-from-Motion with Riemannian Geometry Solved in Linear Time S. Parashar, D. Pizarro and A. Bartoli, *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. 2018 Oct; 40(10):2442-2454, doi: 10.1109/TPAMI.2017.2760301.

In [1], we developed an augmented reality system for gynecologic surgery and have used it to improve laparoscopic myomectomy. Technically, the software we developed is very different to approaches tried for other organs, and it can handle significant challenges, including image blur, fast motion, and partial views of the organ.

**Intraoperative
3D mesh model
construction:**

**B1: laparoscopic
view.**

B2: mesh model.



In [2], we study Isometric Non-Rigid Shape-from-Motion (Iso-NRSfM): given multiple intrinsically calibrated monocular images, we want to reconstruct the time-varying 3D shape of a thin-shell object undergoing isometric deformations. We show that Iso-NRSfM is solvable from local warps, the inter-image geometric transformations. The proposed method outperforms existing work in terms of accuracy and computation cost on synthetic and real datasets.

* * * * *



Image-Guided Clinical Neuroscience and Connectomics

Le thème IGCNC repose sur l'interaction entre trois sous-activités transversales :

- Cartographie d'imageries cérébrales : personnalisation de la cartographie cérébrale en s'appuyant sur l'imagerie IRM clinique.
- Connectomique fonctionnelle clinique : intégration clinique de la connectomique cérébrale à partir d'informations anatomo-physiopathologiques issues de connaissances a priori et de celles issues des domaines applicatifs.
- Applications en neurosciences cliniques : déclinaison des résultats des travaux en cartographie et connectomique, dans des études visant à améliorer des pratiques et proposer de nouvelles applications thérapeutiques ou diagnostiques en stimulation cérébrale profonde (Deep Brain Stimulation, DBS) notamment à des patients souffrants d'un handicap neurologique sévère.

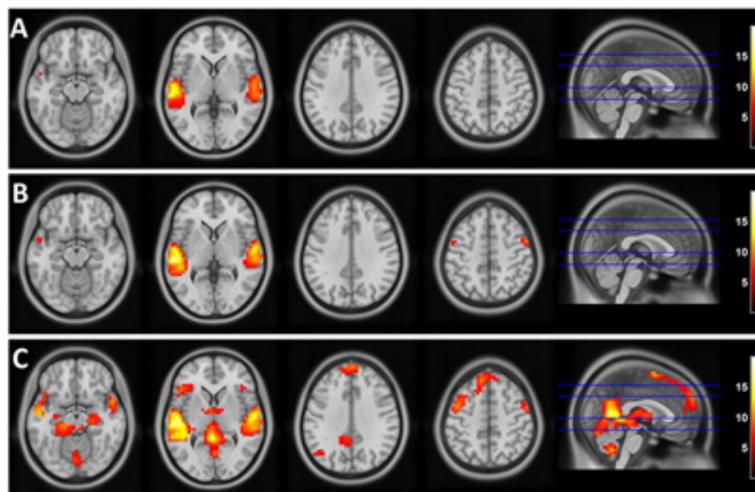
Les deux publications retenues pour illustrer le thème IGCNC sont :

[1] fMRI study of graduated emotional charge for detection of covert activity using passive listening to narratives, Sontheimer A, Vassal F, Jean B, Feschet F, Lubrano V, Lemaire JJ., Neuroscience 2017 May 4;349:291-302, doi: 10.1016/j.neuroscience.2017.02.048.

[2] Deep brain stimulation (DBS) in five patients with severe disorders of consciousness, Lemaire JJ, Sontheimer A, Pereira B, Coste J, Rosenberg S, Sarret C, Coll G, Gabrillargues J, Jean B, Gillart T, Coste A, Roche B, Kelly A, Pontier B, Feschet F, Ann Clin Transl Neurol. 2018 Sep 26;5(11):1372-1384, doi: 10.1002/acn3.648.

En [1], un protocole d'IRM fonctionnelle a été développé pour détecter d'éventuelles capacités résiduelles cachées chez les patients en état de conscience altérée. Le protocole développé permet d'étudier le traitement du langage, par écoute passive de phrases à charge émotionnelle graduée. Chez les sujets sains, le protocole développé s'est avéré efficace pour déclencher des activations cérébrales graduées en fonction de la charge émotionnelle du discours. L'écoute de souvenirs de mémoire autobiographique racontés par un proche entraînait un pattern d'activation cérébrale incluant notamment des régions impliquées dans la conscience interne, tournée vers soi.

Charge émotionnelle graduée (de A à C).



En [2], une étude de stimulation cérébrale profonde (DBS) a été menée auprès de cinq patients avec altération chronique de la conscience. Les structures cérébrales stimulées étaient le thalamus et le pallidum interne. Leur ciblage était personnalisé, les structures étant contourées manuellement à partir de données d'imagerie multimodale. La stimulation à basse fréquence des thalami et pallidums a permis l'apparition de comportements conscients chez deux des patients, et a entraîné une augmentation du métabolisme des régions cérébrales impliquées dans la conscience interne, tournée vers soi.

Le thème PEPRADE aborde la Santé Périnatale au sens large, incluant notamment la conception, le diagnostic anténatal, le suivi de la grossesse, l'accouchement, la naissance et les premiers mois de vie de l'enfant.

Les recherches mobilisent les compétences de ses membres (obstétrique, échographie, santé publique, évaluation, biostatistique, épidémiologie, gestion des risques, informatique médicale) et portent sur l'environnement de la grossesse (aux plans technologique, médical et social) ainsi que sur les facteurs susceptibles d'impact sur la santé de la mère et son enfant. Depuis son intégration à l'axe TGI de l'Institut Pascal, PEPRADE noue des collaborations au sein de l'IP pour investir les champs de l'imagerie obstétricale échographique (optimisation de la qualité image, évaluation des risques de l'élastographie par ondes de cisaillement), de l'aide à la décision sur données observationnelles (apprentissage statistique et intégration sur base de données cliniques).

Sur ces nouveaux champs, PEPRADE ambitionne le développement de systèmes intégrés d'Aide à la Décision en Santé Périnatale (futur thème PHDs pour Perinatal Health Decision support) dans le but d'améliorer les pratiques (système d'alerte), l'environnement technologique (caractérisation de qualité échographique) et l'intégration des outils d'évaluation (satisfaction, qualité, risque) autour de la grossesse.

Les deux publications retenues pour illustrer le thème PEPRADE sont :

- [1] Development of a questionnaire for assessing the childbirth experience (QACE). Carquillat P, Vendittelli F, Perneger T, Guittier MJ. BMC Pregnancy Childbirth. 2017 Aug 30; 17(1):279, doi: 10.1186/s12884-017-1462-x.
- [2] Improving image quality of mid-trimester fetal sonography in obese women: role of ultrasound propagation velocity. Chauveau B, Auclair C, Legrand A, Mangione R, Gerbaud L, Vendittelli F, Boyer L, Lémery D. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Dec;52(6):769-775, doi: 10.1002/uog.19015.

En [1], le développement d'un outil d'évaluation est réalisé illustrant la conjonction d'expertises dans les domaines de la Santé Périnatale et de la validation des qualités métrologiques d'un outil d'évaluation subjective. Cet outil se révèle porteur d'une valeur informationnelle quant au risque psychologique de la parturiente et quant à la nécessité de sa prévention.

En [2], un protocole expérimental d'évaluation est mis en œuvre pour objectiver, chez l'obèse gravide, l'intérêt de prendre en compte des éléments de la physique de constitution des images ultrasonores, comme la vitesse de propagation des ultrasons, en obstétrique dans le but d'améliorer la qualité de visualisation des échographies. Cette contribution ouvre la voie à des développements technologiques destinés à optimiser les pratiques d'imagerie obstétricales et à réduire le risque d'examen faussement négatifs.



Dans un prochain numéro, IP News présentera des travaux transversaux au sein de l'IP, qui ont pu être initiés grâce à l'intégration dans l'Institut.

Mobilité géographique, institutionnelle et intellectuelle



L'axe **M3G** a accueilli **Ludovic Chamoin**, Professeur au LMT Cachan (Laboratoire de Mécanique et Technologie) le 15/03/2018.

Titre de la conférence « Stratégie numérique d'assimilation de données et de contrôle en temps réel en mécanique des structures », ResearchGate Reads 3,601, Citations 668.

Ludovic Chamoin est Professeur des Universités à l'École Normale Supérieure Paris-Saclay. Il a soutenu sa thèse à l'ENS Cachan (LMT) en 2007, sous la direction de P. Ladevèze. Il a ensuite réalisé son post-doctorat avec J.T. Oden à l'Université du Texas à Austin (Institut ICES), avant de revenir en France sur un poste de Maître de conférences à l'ENS Cachan. Après sa soutenance d'HDR en 2013, il est parti en délégation à l'INRIA de 2014 à 2016 avant de prendre sa position actuelle.

Les thématiques de recherche de L. Chamoin sont orientées vers la mécanique numérique et les outils de simulation avancés. Ils couvrent un large spectre : certification des calculs et des modèles, stratégies adaptatives, réduction de modèle, méthodes multiéchelle, problèmes inverses et assimilation de données, et contrôle optimal.

L. Chamoin est responsable de l'axe de recherche « Contrôle, Adaptation et Validation des modèles » au LMT, où il mène depuis quelques années des activités fondatrices sur le dialogue essais-calculs et le contrôle en temps réel de systèmes physiques à l'aide de jumeaux numériques (concept DDDAS).

L. Chamoin est l'auteur d'une soixantaine d'articles de recherche dans des revues internationales et a reçu divers prix (dont la Médaille R.J. Melosh et le Prix J. Argyris).

Il a organisé 6 conférences ainsi que 13 mini-symposia dans des conférences internationales. Il est actuellement président de la section « Juniors » de l'association CSMA, et membre du comité européen « ECCOMAS Young Investigators ».

Productions et/ou publications notables

L'axe **ISPR** enregistre une publication majeure :

Yizhen Lao, Omar Ait-Aider, A Robust Method for Strong Rolling Shutter Effects Correction Using Lines with Automatic Feature Selection, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018.

impact factor: 10,56

La plupart des caméras grand public (smartphones, drones, gopros,...) sont dotées de Rolling Shutter. Dans ce mode d'acquisition, l'exposition des pixels se fait par balayage ligne par ligne. Ceci permet de simplifier l'électronique et de monter en fréquence d'acquisition. Ces caméras sont donc considérées comme des systèmes rapides, à bas coût et basse consommation.

Cependant, lorsque la scène ou la caméra bouge, des artéfacts géométriques apparaissent sur l'image. Ces artéfacts sont difficiles à modéliser, donc à corriger, car ils dépendent à la fois du mouvement et de la géométrie de la scène.

Dans cet article, nous proposons une méthode de rectification des distorsions dues au Rolling Shutter en se basant sur les droites présentes dans la scène. Dans une image Rolling Shutter une droite est vue comme une courbe dont la forme dépend de la pose et du mouvement. Après avoir paramétré les projections d'un ensemble de segments de droite sous la forme de polynômes d'ordre 3, nous montrons que les paramètres cinématiques peuvent être extraits des coefficients de chaque polynôme. Ces paramètres sont ensuite utilisés pour rectifier l'ensemble des pixels de l'image.

Par ailleurs, pour rendre la méthode complètement automatique, une stratégie de type RANSAC a été développée pour sélectionner les courbes de l'image qui correspondent à de vrais segments droits dans la réalité, tout en éliminant ceux qui correspondent à de vraies courbes.

Ma thèse à l'IP : La viande rouge oui, verte non ! par Paolo CUCCI

Au sein de l'axe GePEB, Paolo Cucci examine la viande.

En France, les critères n°1 d'achat de la viande sont l'aspect et la couleur. En effet, si la viande rouge n'est pas de couleur rouge, on ne l'achète pas. Cependant, cette viande rouge peut virer au vert et cela entraîne du gaspillage alimentaire. Dans la viande, les virements de couleurs sont liés à l'oxydation d'une protéine musculaire appelée myoglobine. Sous l'effet de différents facteurs comme le dioxygène ou encore la température, l'oxymyoglobine (rouge) s'oxyde et devient de la metmyoglobine (marron/verte). Grâce à des sondes rédox, il est possible de mesurer cette oxydation à même une carcasse afin de prédire au bout de combien de temps la viande changera de couleur. À terme, un logiciel permettra d'orienter les carcasses soit sur des filières courtes comme des plats préparés si la viande doit changer de couleur rapidement, soit sur des filières longues comme les barquettes au supermarché s'il est prédit un changement de couleur plus tardif.



Viande avant virement (t = 0 jour)



Viande après virement (t = 3,83 jours)

Thèse réalisée sous la direction de Fabrice AUDONNET et André LEBERT.

Financement : FEDER, Région Auvergne et ADIV (entreprise clermontoise).

Présentation projet scientifique Axe PHOTON Antoine Moreau

Antoine Moreau et l'axe PHOTON de l'Institut Pascal collabore avec Facebook Artificial Intelligence Research.

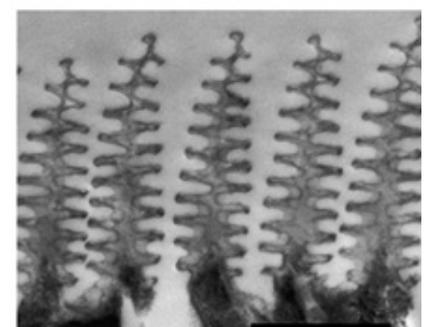
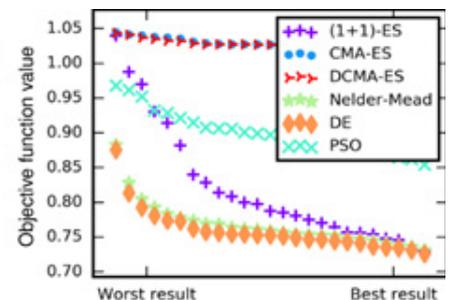
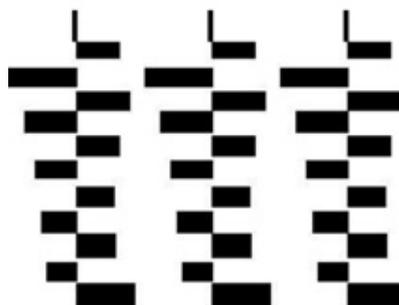
L'optimisation numérique consiste à trouver la meilleure solution à un problème en testant des prototypes - mais seulement sur ordinateur. Cela permet d'explorer énormément de solutions en très peu de temps.

Des chercheurs de l'axe Photon travaillent, en collaboration avec le groupe d'intelligence artificielle de Facebook, sur l'optimisation de structures permettant de manipuler la lumière.

Ils ont réussi à retrouver de cette façon les solutions présentes dans la nature - ce qui confirme que l'évolution est bien une lente optimisation.

Pour une des espèces de papillons bleus iridescents (genre Morpho) dont la surface semble changer de couleur selon l'angle de vue ou l'illumination, la structure des ailes trouvée par les algorithmes (en bas à gauche) est à rapprocher à la structure réelle (en bas à droite).

Grâce à ces cas d'études, la comparaison des différents algorithmes entre eux peut même améliorer les algorithmes d'optimisation. Et c'est de cette façon que l'Institut Pascal a contribué à la bibliothèque d'optimisation libérée par Facebook, Nevergrad.



Le point sur la diffusion scientifique par Pierre Bonton

La Culture Scientifique Technique et Industrielle (CSTI) et sa diffusion vers le grand public est aussi une mission des Enseignants et des Chercheurs.

Dans cette rubrique, je vous propose d'échanger dans ce domaine. La rubrique peut s'alimenter avec des informations sur des animations, des sites ouverts sur la vulgarisation, sur des conférences, des visites ou encore sur votre implication dans cette diffusion.

Pour débiter je vous en donne quelques-unes :

- Il existe plusieurs sites sur les mathématiques, il y en a un que je préfère : <https://imaginary.org/fr>
- Concernant la diffusion de la culture scientifique sur l'Auvergne l'association Astuscience est le site obligé: <http://www.astuscience.org/> .

Vous pouvez partager vos savoirs sur echosciences Auvergne: <https://www.echosciences-auvergne.fr/> et aussi participer dans les Exposciences: <http://www.exposciences-auvergne.fr/>. Les exposciences, ce sont des jeunes qui exposent leurs travaux (60 animations, 5000 visiteurs). Vous pouvez vous positionner comme exposant avec les projets de vos étudiants. La prochaine a lieu à Montluçon et en 2020 à Clermont-Ferrand.

- Il existe beaucoup d'associations qui diffusent la culture scientifique, je vais en citer une qui allie l'Art et la Science (A.R.T.S.) : <https://artscience.jimdo.com/> (c'est la mienne mais je vous parlerai des autres plus tard).
- Beaucoup de conférences tournent autour de la science. Je vais vous en signaler une qui a lieu tous les premiers mardis du mois à la Baie de Singes à Cournon : <https://aubardesciences.jimdo.com/>

Vous pouvez nous écrire pour avoir plus de renseignements et faire des propositions. Vous pouvez aussi participer à des animations et en suggérer. Beaucoup d'enseignants et de chercheurs de l'UCA s'investissent dans les différentes associations, pourquoi pas vous.

Pour l'association A.R.T.S., nous avons travaillé avec Polytech sur un cadran solaire (Lionel Batier), sur une mallette sur le temps avec l'IUT et une autre en cours sur Musique et Science (Émilie Pery) sur «danser avec les robots» et sur le «bibli-binaire» toujours avec l'IUT (Marc Chevaldonné).

Je détaillerai une action plus spécifiquement au prochain numéro. En attendant vous pouvez prendre contact avec moi, j'attends vos remarques et vos investissements dans la diffusion de la culture scientifique :

Pierre.Bonton@orange.fr



En mars, l'IP a reçu la visite d'une délégation officielle du CNRS.

Le vendredi 8 mars 2019 l'Institut Pascal a reçu une délégation officielle du CNRS en visite sur le site universitaire clermontois, composée de :

- Alain SCHUHL, Directeur Général Délégué à la Science,
- Virginie BONNAILLIE-NOEL, Direction d'Appui aux Partenariats Publics ;
- Jean François GERARD, Adjoint Délégué à la Science Régional pour le site de Clermont ;
- Frédéric FAURE, Délégué Régional ;
- Aurélie DE SOUSA, Adjointe au Délégué Régional ;
- Sébastien BUTION, Responsable de la Communication Régionale ;
- Vanessa PREVOT, Chargée de mission auprès de la Délégation Régionale pour le site de Clermont.

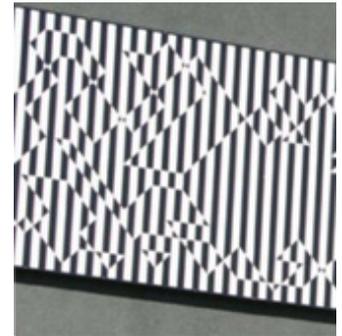
Ce n'est pas de la science mais c'est pas mal quand même...

Laure BERRY nous parle de Vasarely.

..... "Je vous parle d'un temps que les moins de vingt ans ne peuvent pas connaître", ou du moins ceux qui sont arrivés en 2007.... Bien souvent un point de repère du campus des Cézeaux est la place Vasarely, mais savez-vous tous d'où vient le nom de cette place ?

Grâce au dispositif "1% artistique" mis en place en 1951 par le secrétariat d'État aux Beaux-Arts du Ministère de l'Éducation Nationale, notre université s'était dotée d'une œuvre de Vasarely. En 1972, le dallage qui constituait la place Vasarely jouait sur les effets d'optique.

Dans le cadre du schéma de réaménagement du campus en 2007, le dallage est détruit ; mais faisant l'objet d'une propriété intellectuelle, il a été convenu qu'une autre œuvre de Vasarely soit installée sur les amphithéâtres de sciences. Bruno Allart a alors repris l'un des cartons de Vasarely, mort à l'époque, et réalise " Riu Kiu ".



Le Centre Pompidou a consacré une exposition à Vasarely, du 6 février au 6 mai 2019. Cette exposition était la première rétrospective française consacrée au père de l'art optique depuis plus de 50 ans et l'occasion pour nous de se rappeler ce que nous a transmis cet artiste.

Victor Vasarely a inventé l'Art optique (Op'Art) où les œuvres jouent sur les formes géométriques et les couleurs pour créer des illusions d'optique méthodiques et scientifiques.

Dans les années 60, il a souhaité porté son art au cœur de l'espace public. Il a créé le célèbre logo de la marque Renault, il a réalisé la façade du hall de départ de la gare Montparnasse, la façade de RTL et a participé au décorum si particulier des émissions télévisuelles de Jean Christophe Averty.



Le caractère ludique de ces illusions d'optique ne doit pas cacher la profondeur de cet art et l'intuition poétique et scientifique qu'a eue Vasarely.

C'était un grand lecteur de vulgarisation scientifique. Il était passionné de sciences et il abordera la matière avec une curiosité toute scientifique : le réel infiniment grand ou infiniment petit est une affaire d'ondes, de particules, d'oscillations et tout le vocabulaire graphique qu'il va inventer, va chercher à rendre compte de cela. Il introduit le mouvement dans l'abstraction. Son système géométrique est fait de formes simples (carré, losange, cercle) qui sont presque des pixels et c'est une sorte de code avant l'heure de l'art programmable.