

AU
COEUR
DES
SYSTEMES
& DE
LA
SANTÉ

Rapport annuel 2021

PEPIT 2021



SOMMAIRE

Edito 2

P UBLICATIONS	3
.....	
E VENEMENTS	8
.....	
P RIX & DISTINCTIONS	11
.....	
I NNOVATIONS	13
.....	
T ECHNOLOGIES	17
.....	
S OUTENANCES	18
.....	

Édito



Le CRAN est heureux de vous présenter ses principaux résultats de recherche de l'année 2021. Parmi les faits marquants, on peut citer le très bon classement de l'université de Lorraine en « Automation & Control » dans le classement thématique de Shanghai, au second rang français derrière Paris-Saclay, l'automatique est ainsi la troisième discipline de l'université de Lorraine selon ce même classement. Les chercheurs du CRAN sont pour beaucoup dans cette reconnaissance prestigieuse. Citons également un succès à l'ERC dans la catégorie *advanced* obtenu par Bruno Rossion pour son projet « HumanFace » déposé à la campagne 2021.

Bien d'autres faits marquants sont à découvrir en parcourant la suite de ce document. Ces très bons résultats sont le fruit du travail assidu des personnels de l'unité : doctorants, post-doctorants, stagiaires, chercheurs, enseignants-chercheurs et personnels administratifs et techniques. Bravo à toutes et tous !

Didier Wolf, Directeur du CRAN

CHIFFRES CLES

2021

265
personnes

110
enseignants-chercheurs

18
chercheurs

103
doctorants et post-doctorants

34
personnels d'appui
administratifs et techniques

Une nouvelle commission parité au CRAN

En octobre 2020, le conseil de laboratoire a voté la création de la Commission Parité du CRAN. Début 2021, Noémie Thomas, enseignante-chercheuse du département BioSiS, a été nommée Référente Parité à l'INS2I et a constitué la commission du laboratoire. Composée de 7 membres, la commission s'est réunie pour la première fois en juillet 2021. Cette réunion a été l'occasion pour chacun de ses membres d'exprimer leur vision de la parité et de discuter des projets prioritaires à mener.



Publications

INGÉNIERIE

Interoperability in the Cyber-Physical Manufacturing Enterprise

Georg Weichhart, Hervé Panetto, and Arturo Molina.

Annual Reviews in Control, Elsevier, 2021, 51 pp.346–56,
hal-03186819

Cette publication traite des systèmes d'entreprise cyber-physiques, en ce qui concerne la prise de décision en ligne basée sur des données actualisées, et nécessitant la mise en place de systèmes de capteurs et d'acteurs en réseau. Dans cet article, nous examinons les approches de l'interopérabilité des entreprises en accordant une attention particulière à l'entreprise dite «cyber-physique». L'article identifie le besoin d'interopérabilité dans les systèmes de systèmes, contrairement à l'intégration dans un seul système. Nous développons alors une approche basée sur le paradigme des systèmes de systèmes qui nous permet de mettre en évidence la valeur ajoutée de l'interopérabilité des entreprises en tant qu'approche générale de la conception et de l'exploitation de ces systèmes de systèmes. Les problèmes dus à un support insuffisant des aspects physiques des systèmes sont également identifiés. Le concept de «jumeau numérique» est proposé pour émuler les aspects physiques afin de développer, surveiller et maintenir l'interopérabilité dans l'entreprise cyber-physique. Nous examinons les approches qui prennent en charge une ou plusieurs couches d'interopérabilité d'entreprise pour les systèmes cyber-physiques et nous proposons les défis critiques à considérer pour aligner l'entreprise cyber-physique et les systèmes cyber-physiques, incluant

des modèles d'information et de connaissance pour réaliser une intégration transparente.

SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

Planning the restoration of membranes in RO desalination using a digital twin. Frits Rooij, Phil Scarf and Phuc Do.

Desalination, Elsevier, 2021, 519, pp.115214.

Cette publication est réalisée dans le cadre d'une collaboration internationale avec l'Université de Cardiff et en lien avec un contexte applicatif industriel réel. Elle propose, en termes de contribution scientifique, le développement d'un système original d'aide à la décision (DSS) pour évaluer la stratégie de réparation/entretien de membranes. Le cœur de ce DSS est un jumeau numérique (DT), offrant de façon fiable une représentation virtuelle de l'usure (dégradation) et de la remise en état des éléments de la membrane dans un récipient sous pression d'osmose inverse (RO). La base de ce jumeau est un modèle mathématique qui décrit une cuve d'osmose inverse comme un système multi-composants dans lequel les états d'usure des éléments individuels (composants) sont quantifiés, en considérant ensuite que les éléments peuvent

être remplacés ou réparés. C'est une voie très originale de modélisation de la dégradation d'un système de membrane. Les paramètres du modèle sont estimés à l'aide de méthodes statistiques. L'approche est référée au cas d'étude de l'usine de dessalement de Carlsbad en Californie, qui est soumise de façon drastique à de l'encrassement biologique dû à la prolifération saisonnière d'algues. Les résultats obtenus mettent en évidence une bonne adéquation entre les états d'usure observés et ceux modélisés. Différentes stratégies de réparation/entretien sont alors comparées en fonction du risque, du coût total de possession, du temps d'arrêt et du nombre d'arrêts. Ces comparaisons indiquent qu'une réduction significative des coûts peut être réalisée sans compromettre l'intégrité de l'usine.

Finite-horizon discounted optimal control: stability and performance

Mathieu Granzotto, Romain Postoyan, Lucian Busoniu, Dragan Netic et Jamal Daafouz.

IEEE Transactions on Automatic Control, 66 (2): 550-565, 2021.

La thèse de Mathieu Granzotto a porté sur la stabilité des systèmes dynamiques contrôlés par des entrées générées via des algorithmes d'optimisation basés sur la programmation dynamique comme ceux issus du domaine de l'intelligence artificielle. Elle a apporté plusieurs contributions originales et uniques : exploitation des propriétés de stabilité pour obtenir de meilleures bornes de sous-optimalité, généralisation d'un algorithme de planification issu de l'intelligence artificielle au contexte plus général des systèmes commutés non linéaires à temps discret et développement d'un nouvel algorithme de contrôle optimal avec garanties de stabilité. L'article écrit par Mathieu Granzotto, Romain Postoyan, Lucian Busoniu, Dragan Netic et Jamal Daafouz présente une synthèse des résultats obtenus.

CANCÉROLOGIE

Effect of stroma on the behavior of temoporfin-loaded lipid nanovesicles inside the stroma-rich head and neck carcinoma spheroids

Ilya Yakavets, Aurelie Francois, Laureline Lamy, Max Piffoux, Florence Gazeau et al.

Journal of Nanobiotechnology, BioMed Central, 2021, 19, pp.3.

Dans cette étude, en collaboration avec laboratoire MSC (CNRS/Université Paris Diderot) nous avons étudié comment le micro-environnement riche en stroma peut affecter l'incorporation, la pénétration et l'efficacité photodynamique de trois nanoformulations à base lipidique. Les résultats de cette étude élargissent notre compré-

AUTOMATIQUE ET ROBOTIQUE

Adaptive stabilization of switched affine systems with unknown equilibrium points: Application to power converters.

Gaëtan Beneux, Pierre Riedinger, Jamal Daafouz, Louis Grimaud. Automatica, 99:82-91, 2019

Cet article est emblématique d'une collaboration industrielle réussie avec SAFRAN Electronics & Defense. Il s'agit, à l'origine, d'étudier comment réduire la masse des équipements électriques de type convertisseur de puissance continu-continu utilisés en avionique en éliminant une partie des étages de filtrage limitant les variations de la tension de sortie par l'implémentation d'une loi de commande permettant de rejeter les variations de charge. Après abstraction, le comportement du convertisseur DC/DC flyback a été modélisé par un système affine commuté à paramètres inconnus pour lequel une loi de commande performante a pu

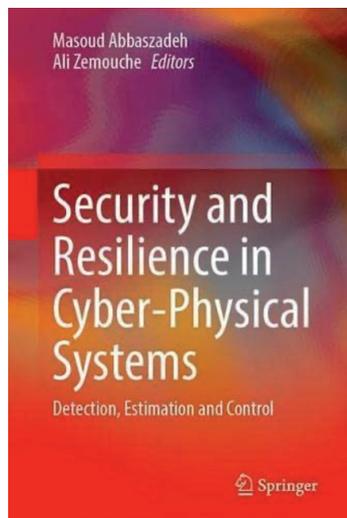
être développée. Les résultats théoriques issus de cette étude ont été publiés dans cet article. Les résultats pratiques ont fait l'objet d'un dépôt de brevet (validé aux USA) N° FR3066660 / US20200212812A1 intitulé : Method for controlling a switched electronic circuit / Procédé de commande d'un circuit électronique commuté. De nouvelles études initiées dans le cadre de cette collaboration et concernant la maîtrise du comportement harmonique des chaînes d'actionnement ont également permis d'unifier des résultats issus de la commande harmonique et d'apporter des fondements théoriques solides à ces approches (Nicolas Blin, Pierre Riedinger, Jamal Daafouz, Louis Grimaud, Philippe Feyel. Necessary and sufficient conditions for harmonic control in continuous time. IEEE Transactions on Automatic Control, doi :10.1109/TAC.2021.3117540, on-line article)

PUBLICATION

Security and Resilience in Cyber-Physical Systems : Detection, Estimation and Control

Masoud Abbaszadeh, Ali Zemouche

Springer Nature Switzerland AG, In press, 978-3030971656



Un système cyber-physique (CPS) ou système intelligent est un système physique (mécanique) contrôlé ou surveillé par des algorithmes informatiques. Dans les systèmes cyber-physiques, les composants physiques et logiciels sont profondément imbriqués. Ils sont capables de fonctionner à différentes échelles spatiales et temporelles, de présenter des modalités comportementales multiples et distinctes et d'interagir les uns avec les autres de manière à changer de comportement en fonction du contexte. La présence des composants logiciels induit une vulnérabilité à des attaques malveillantes. La sécurité et

la capacité de résilience des systèmes cyber-physiques, comprenant la détection des cyber-attaques, la reconnaissance d'une situation, l'estimation robuste et le contrôle résilient en cas d'attaque ont fait l'objet d'un ouvrage coordonné par Masoud Abbaszadeh, chercheur au sein de GE Research et Ali Zemouche, chercheur du département CID. Cet ouvrage présente à la fois des résultats théoriques et des applications. Il esquisse également certaines méthodologies émergentes et présente les orientations futures de la recherche dans ce domaine.

NEUROSCIENCES

Implicit, automatic semantic word categorisation in the left occipito-temporal cortex as revealed by fast periodic visual stimulation.

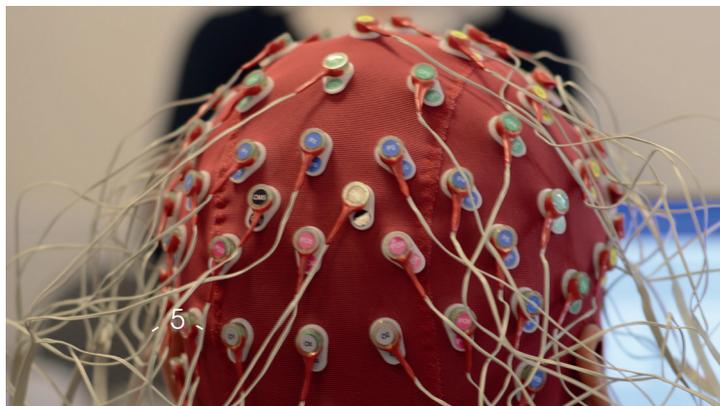
Angélique Volfart, Grace Rice, Matthew Lambon Ralph, Bruno Rossion.

NeuroImage, Elsevier, 2021, 238, pp.118228.

Cet article présente une méthode implicite, à savoir la stimulation visuelle périodique rapide (FPVS) couplée à l'électroencéphalographie (EEG), pour étudier les processus neuronaux de catégorisation conceptuelle avec des stimuli de mots écrits. Différents mots écrits appartenant à la même catégorie sémantique (par exemple, différents animaux) alternant à une fréquence de 4 Hz ont été présentés à quatorze participants neurotypiques. Des mots appartenant à une catégorie sémantique différente (par exemple, des villes différentes) sont apparus tous les 4 stimuli (c'est-à-dire à 1 Hz). Après quelques minutes d'enregistrement, des réponses électrophy-

siologiques objectives à 1 Hz, mettant en évidence la capacité du cerveau humain à catégoriser implicitement des stimuli appartenant à des catégories conceptuelles distinctes, ont été trouvées dans la région occipito-temporale gauche. Des différences topographiques ont été observées selon que le changement périodique concernait

des éléments vivants, associés à une activité relativement plus ventro-temporale par rapport à des éléments non vivants associés à une activité relativement plus dorsale postérieure. Globalement, cette étude démontre la validité et la haute sensibilité d'un marqueur implicite des capacités de mémoire sémantique basée sur les mots.



Social Dimensions in CPS & IoT Based Automated Production Systems.

Hind Bril El-Haouzi, Etienne Valette, Bettina-Johanna Krings, António Moniz. *Societies*, MDPI, 2021, 11 (3), pp.98.

Une des hypothèses que nous avons explorées est que la conception des nouveaux systèmes sociotechniques de production sur la base de schémas de sociétés humaines permettrait une meilleure compréhension de ces derniers et par conséquent leur acceptabilité. En guise d'ouverture à l'aspect social de la place de l'humain dans ces systèmes industriels, cet article a été rédigé et publié en collaboration avec une équipe de sociologues de l'Universidade Nova de Lisboa et de Karlsruhe Institute of Technology. Il identifie trois grands types de sociabilité dans la recherche actuelle, et tend à faire le lien entre les technologies IoT & CPS, piliers de l'industrie 4.0, et l'émergence du concept d'industrie 5.0, comme prolongation de l'industrie 4.0 recentrée sur les aspects : humain, durabilité et résilience. Ainsi, nous avons analysé plusieurs propositions scientifiques basées sur les paradigmes technologiques CPS et IoT selon ces trois

formes de sociabilité : Interactions sociales basées sur des interfaces de communication pair-à-pair, où presque toute interaction entre deux agents peut être considérée comme sociale. Cette approche se retrouve surtout dans le domaine de recherche des Systèmes Multi-Agents. Une approche basée sur les services de réseaux sociaux (SNS) tels que Facebook ou Twitter, en tant que média d'interaction sociale, où l'interaction fait référence à l'utilisation des architectures des plateformes de réseaux sociaux pour structurer des échanges de données homme-homme, machine-homme ou machine-machine. Et enfin la troisième approche concerne la mise en œuvre de modèles de sociabilité basés sur les relations sociales d'inspiration humaine, où les relations sont transposées dans des systèmes techniques ou sociotechniques pour les structurer (ex SIoT).

TRAITEMENT DU SIGNAL

Coupled tensor decomposition for hyper spectral and multispectral image fusion with inter-image variability.

Ricardo Borsoi, Clémence Prévost, Constantin Usevich, David Brie, José Bermudez, Cédric Richard. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, IEEE, 2021, 15 (3), pp.702-717.

Dans cet article, nous considérons le problème de la fusion d'images en tenant compte des variations localisées dans l'espace et dans le spectre dans un modèle additif. Nous étudions d'abord comment l'identifiabilité générale du modèle est affectée par la présence de tels changements. Ensuite, en supposant que l'image à haute résolution et les facteurs de variation admettent une décomposition de Tucker, deux nouveaux algorithmes sont proposés - l'un purement algébrique, l'autre basé sur une procédure d'optimisation. Des garanties théoriques pour la récupération exacte de l'image à haute résolution sont fournies pour les deux algorithmes.

TRAITEMENT DU SIGNAL

A general framework for constrained convex quaternion optimization

Julien Flamant, Sebastian Miron et David Brie.

IEEE Transactions on Signal Processing, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021, 70, pp.254-267.

Cet article introduit un cadre général pour la résolution de problèmes d'optimisation convexe contraints dans le domaine des quaternions. Pour obtenir ces nouveaux résultats, l'approche proposée s'appuie sur le calcul RH généralisé récemment développé, ainsi que sur l'équivalence entre le problème d'optimisation quaternionique original et sa contrepartie augmentée dans le domaine réel. Ce nouveau cadre fournit simultanément des fondements théoriques rigoureux ainsi que des formulations élégantes et compactes dans le domaine des quaternions pour les problèmes d'optimisation à variables quaternioniques.

OPTIQUE ET PHOTONIQUE

Spatially-Resolved Multiply-Excited Autofluorescence and Diffuse Reflectance Spectroscopy: SpectroLive Medical Device for Skin In Vivo Optical Biopsy.

Walter Blondel, Alain Delconte, Grégoire Khairallah, Frédéric Marchal, Amélie Gavaille and Marine Amouroux.
Electronics, MDPI, 2021, 10 (3), pp.243.

Cet article présente la conception, le développement et la validation expérimentale du dispositif médical SpectroLive permettant la mesure de spectres de réflectance diffuse et d'autofluorescence résolue spatialement sur la peau humaine. Nous y décrivons l'ensemble des étapes de caractérisation métrologique (irradiance

spectrale des sources de lumière, calibrages et corrections spectrales et en intensité, tests de sécurité électrique et photobiologique, CEM) ainsi que les procédures de validation expérimentale sur fantômes synthétiques et échantillons de peau ex vivo (sensibilité en profondeur).

CANCÉROLOGIE

GPER Agonist G-1 Disrupts Tubulin Dynamics and Potentiates Temozolomide to Impair Glioblastoma Cell Proliferation.

Alex Hirtz, Nolwenn Lebourdais, Fabien Rech, Yann Bailly, Athénaïs Vaginay, Malika Smail-Tabbone, Hélène Dubois-Pot-Schneider and Hélène Dumond.
Cells, MDPI, 2021, 10, pp.3438.

Cette première publication interdisciplinaire sur le rôle antiprolifératif du ligand spécifique de récepteur membranaire des ostéogènes dans les glioblastomes est co-signée par le CRAN, le CHRU et le LORIA. Par une approche *in silico*, nous avons mis en évidence que l'expression du récepteur membranaire aux œstrogènes couplé aux protéines G (GPER) avait un impact sur la survie des patientes atteintes de glioblastome (GBM). Nous avons exploré pour la première fois le rôle de l'agoniste G-1 du GPER sur la prolifération des cellules de GBM. Nos résultats suggèrent

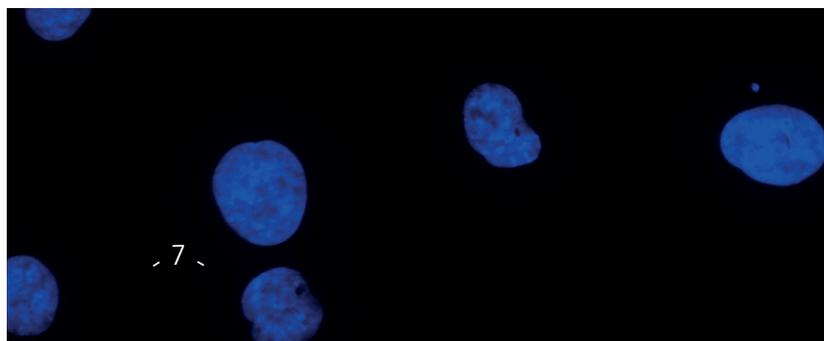
que l'exposition au G-1 a un effet cytotatique, conduisant à un arrêt G2/M réversible, dû au blocage de la polymérisation de la tubuline pendant la mitose. Cependant, l'effet observé était indépendant du GPER. De manière intéressante, le G-1 a potentialisé l'efficacité du temozolomide, le traitement de chimiothérapie standard actuel, puisque la combinaison des deux traitements a conduit à un arrêt mitotique prolongé, même dans une lignée cellulaire moins sensible au temozolomide. En conclusion, nos résultats suggèrent que le G-1, en combinaison avec la chimiothérapie standard, pourrait être une voie prometteuse pour limiter la progression et l'agressivité des GBM.

CONTRÔLE

Impacts of the Covid-19 epidemic. Samson Lasaulce, Constantin Morarescu et Vineeth Satheeskumar Varma

Frontiers in Public Health, 9:620770, mars 2021.

Après avoir apporté, en 2020, leur contribution à la lutte contre le COVID19 en étudiant les conséquences du confinement sur la société à travers un projet intitulé « Stratégies de contrôle global de l'épidémie de COVID-19 en présence d'interconnexions entre régions, d'interconnexions entre pays (COVEXIT) », des chercheurs du département CID ont poursuivi leur analyse en analysant le compromis nécessaire entre les aspects économiques et les aspects sanitaires. Cette fois, les phénomènes ont été modélisés en utilisant la théorie des jeux. Chaque joueur représente alors une région ou un pays ayant mis en place une stratégie permettant de gérer le compromis économique/sanitaire. L'étude de l'équilibre de Nash de ce jeu permet d'identifier les scénarios pour lesquels la décentralisation des décisions est acceptable ou non par rapport à l'efficacité globale de la stratégie.



Événements

Assemblée générale du projet européen AI-PROFICIENT

Les 14 et 15 décembre 2021, les partenaires du projet européen AI-PROFICIENT se sont réunis à Nancy pour la première fois à l'occasion de leur assemblée générale afin

de faire un premier bilan du chemin parcouru depuis son lancement en novembre 2020. Organisée sous un format hybride présentiel/visio-conférence, cette assemblée a été l'occasion d'échanger sur les actions en cours et de partager une vision des attendus du projet vis-à-vis des exigences de la Commission Européenne.

La journée du 14 décembre a été consacrée à la visite du site pilote Continental de Sarreguemines, l'un des partenaires industriels Français du projet en vue d'appréhender les problématiques de production, de qualité et de maintenance par des exemples concrets de cas d'usages sur la machine Combiline, une extrudeuse de caoutchouc en début de la ligne de production des pneus.

www.ai-proficient.eu



Workshop Mining, Mineral and Metal Processing - MMM 1^{er} - 3 septembre 2021

La 6^{ème} édition du Workshop on Mining, Mineral and Metal Processing s'est déroulée en virtuel raison de la pandémie. Organisée conjointement par le CRAN et le Centre de Recherche d'ArcelorMittal de Maizières-lès-Metz, cette conférence est patronnée scientifiquement par l'International Federation of Automatic Control (IFAC) et son représentant français (SAGIP).

Ce cycle de conférences a pour objectif de favoriser l'échange d'idées et de développements en ingénierie de contrôle dans les domaines de la transformation des mines, des minéraux et des métaux. Il offre un forum aux professionnels, chercheurs et experts en traitement des mines, des minéraux et des métaux pour passer en revue les technologies de pointe en matière de contrôle, d'optimisation et d'automatisation dans ces domaines. Universitaires et industriels ont l'occasion

de présenter leurs travaux et de partager leurs connaissances avec des collègues du monde entier.

Au total, 36 soumissions ont été reçues et évaluées sur la base desquelles le programme final incluant 28 communications a été bâti. Ces communications ont été présentées par des auteurs de 11 nationalités différentes devant une audience d'une cinquantaine de participants.

2 conférences plénières sont venues compléter le programme scientifique données par le Professeur Lidia Auret (South Africa) et le Professeur Dr. Ing Jörg Benndorf (Germany). Les actes de cet événement ont été publiés par IFAC PapersOnLine Volume 54, Issue 11, Pages 1-144 (2021).

www.sciencedirect.com/journal/ifac-papers-online/vol/54/issue/11

Site de l'événement

mmm2021.cran.univ-lorraine.fr



Conférence SysTol'21 29 septembre · 21 octobre 2021

La 5^{ème} édition de l'« International Conference on Control and Fault-Tolerant System » s'est déroulée à St-Raphaël. Ce cycle de conférences, créé par des chercheurs du département CID, a pour thématique générale le diagnostic, la surveillance et la conception de systèmes tolérants aux fautes. Il est patronné scientifiquement par la société savante IEEE Control Systems Society et les actes sont publiés sur IEEE Xplore. L'événement se déroule traditionnellement, depuis 2010, entre deux éditions du Symposium IFAC SafeProcess gérée par le comité technique IFAC éponyme. La 11^{ème} édition ayant été repoussée de 2021 à 2022, il a été décidé d'avancer d'un an la tenue de SysTol et de l'organiser en présentiel. C'était un pari risqué mais l'évolution de la pandémie a permis, dans le respect des règles sanitaires en vigueur, d'accueillir des collègues d'une vingtaine de pays différents. Christophe Aubrun, chercheur au CRAN et Vicenç Puig

(UPC, Spain) ont assuré la présidence générale de la conférence. Didier Maquin du CRAN et Marcin Witczak (ISSI, Poland) celle du comité international de programme. Le comité d'organisation comprenait également Dominique Sauter, Frédéric Hamelin, Jean-Philippe Georges et Mayank Shekhar Jha du CRAN.



61 communications réparties en 12 sessions et 3 conférences plénières étaient au programme. Bien que la conférence n'ait pas été conçue pour se dérouler de façon hybride, la totalité a été diffusée par

visio-conférence ce qui a permis à quelques participants n'ayant pas pu, à cause des restrictions de déplacement dues à la pandémie, de participer à l'événement. C'est ainsi que des liaisons en temps réel ont été établies avec, en particulier, le Mexique, l'Inde, la Russie et la Hongrie. Après cette période difficile où la plupart des événements scientifiques se sont déroulés à distance par l'intermédiaire de moyens numériques, tous les participants présents ont adressé un satisfecit à l'équipe d'organisation pour avoir maintenu ces rencontres en présentiel permettant des échanges scientifiques et sociaux très riches. Les actes de la conférence sont disponibles sur IEEE Xplore.

ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1800243/all-proceedings

Site de l'événement : www.systol.org/systol21/

INCOM 7 juin · 9 juin 2021

Hervé Panetto et Benoît Iung, du département ISET, ont coordonné la responsabilité scientifique du dernier Symposium IFAC INCOM2021 qui était organisé en juin 2021 par « Automation Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences » (MTA STZAKI). Ce symposium est l'événement majeur du CC5 de l'IFAC coordonné ce jour par Benoît IUNG.

incom2021.org/

International Conference on Unmanned Aircraft Systems 15 juin · 18 juin 2021

Organisée à Athènes en Grèce, cette conférence internationale s'est déroulée en mode hybride. En dépit des conditions difficiles due à la pandémie de COVID19 et ceci pour la seconde année consécutive, la conférence a obtenu un large succès puisqu'en réponse à l'appel à communications, elle a rassemblé 259 contributions qu'il s'agisse de communications, d'affiches ou de conférences invitées. Cela constitue l'un de ses trois meilleurs scores depuis sa création en 2014. Didier Theilliol, professeur au CRAN et antérieurement fortement impliqué dans l'organisation de ce cycle de conférence, était président d'honneur de cet événement.

Le programme final de la conférence, déployé sur 3 jours, a comporté 36 sessions rassemblant 205 communications. 5 conférences plénières,

délivrées par des spécialistes internationaux, sont venues compléter ce programme déjà très riche. Près de 200 inscriptions de participants ont été enregistrées, mais la conférence a été suivie par au moins 250 auditeurs sous forme virtuelle et 70 auditeurs physiquement présents. Malgré ce succès, il est très clairement apparu que l'absence de conversations inopinées, la prise de contact pour la formation de nouveaux partenariats ou la participation à des événements sociaux constituent des éléments indispensables d'une conférence que ce mode hybride ne permet pas. Le rendez-vous a été pris de rassembler physiquement la communauté à Dubrovnik en Croatie pour la prochaine édition en juin 2022.

ÉVÈNEMENTS

Le CRAN a accueilli le grand public les 9 et 10 octobre dans le cadre de la fête de la science !

Le CRAN a ouvert les portes de son centre de recherches pour proposer 3 visites insolites sur le thème des cellules tumorales et du fonctionnement du cerveau à l'occasion de la fête de la science. Les visites insolites permettent à de petits groupes de visiteurs sélectionnés aléatoirement, de plonger au cœur des thématiques de recherche du laboratoire. Les participants ont pu explorer les cellules tumorales sous différents angles grâce aux différentes techniques utilisées par nos chercheurs. Le lendemain, 2 expériences

sur le fonctionnement du cerveau étaient proposées au public pour montrer l'étendue des recherches en neurosciences du laboratoire. Les participants ont découvert comment les chercheurs analysent l'activité électrique du cerveau pour identifier les zones malades des zones saines à l'aide d'un électroencéphalogramme.



Prix & Distinctions

Angélique Volfart a reçu le prix de thèse 2021 de l'Université de Lorraine pour ses travaux en neurosciences. Elle a effectué sa thèse au département BioSiS sous la direction de Bruno Rossion, Valérie Goffaux et Jacques Jonas. Le sujet de sa thèse était : « Etude du système visuel ventral dans l'épilepsie du lobe temporal à partir d'une nouvelle approche en électrophysiologie ».

Résumé : Reconnaître les personnes et objets est essentiel pour nos interactions quotidiennes avec le monde environnant. Ce travail de recherche consiste à identifier les régions cérébrales impliquées dans ce mécanisme de reconnaissance par la modalité visuelle, ainsi que mieux comprendre comment ces informations perçues par la vision sont mises en lien avec les informations stockées dans notre mémoire. Son aboutissement est la mise en place de nouveaux outils fiables et objectifs pour évaluer le bon fonctionnement de ces régions au moyen de l'enregistrement de l'activité électrique du cerveau.



Hervé Panetto est nommé Fellow de l'Asia-Pacific Artificial Intelligence Association (AAIA). L'AAIA est une organisation académique, à but non lucratif et non gouvernementale, formée de personnes du monde académique, membres et membres séniors. Sa mission principale est d'améliorer le développement et l'application de l'intelligence artificielle par des scientifiques du domaine.

www.aaia-ai.org

Suite à son poste de professeur invité à l'Université de Tongji à Shanghai, **Benoît lung** s'est vu octroyé un « foreigner project » pour 2 ans (2022-2023) dans le cadre du projet « Excellent Foreign Talents Plan proposed by the Ministry of Science and Technology of China » - collège « Electronic and Information Engineering ».

Hind Bril El Haouzi a été nommée membre du conseil d'administration de l'Institut Français de Construction Lean en 2021. Dans ce cadre, elle anime le groupe de travail Entreprise & Recherche qui vise à définir la stratégie de l'institut dans cet axe.

Le prix « Special General Chair Best Paper » a été remporté par **Loïc Desgeorges**, **Jean Philippe Georges**, **Thierry Divoux** pour leur papier **A technique to monitor threats in SDN Data Plane Computation**. IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing, HPSR 2021, Jun 2021, Paris, France.

Le 10 mai 2021, Guide2Research a publié la 7^{ème} édition du classement annuel des meilleurs scientifiques dans le domaine intitulé « Engineering and Technology ». Cette liste de chercheurs de premier plan est conçue pour offrir à la communauté universitaire davantage de visibilité et d'exposition aux contributions de recherche influentes. Quatre enseignants-chercheurs du département CID figurent parmi le TOP 100 : **Mohamed Darouach (43^{ème})**, **Jamal Daafouz (46^{ème})** et **José Ragot (62^{ème})** et **Didier Theilliol (76^{ème})**.

Pour cette 7^{ème} édition, plus de 6 300 profils de scientifiques ont été examinés, et plusieurs indicateurs et paramètres ont été passés en revue afin d'envisager l'inclusion de chaque scientifique dans le classement. La position dans le classement était basée sur la valeur de l'indice H de Google Scholar. Seuls les scientifiques ayant un indice H ≥ 40 ont été pris en compte. La deuxième étape de vérification a consisté en un examen manuel de la liste des publications de chaque scientifique sur DBLP afin de s'assurer qu'ils sont bien les auteurs d'un nombre significatif de publications. La dernière étape a consisté à vérifier les prix et les bourses de chaque chercheur.

L'AD Scientific Index (Alper-Doger Scientific Index) est un système de classement et d'analyse basé sur la performance scientifique et la valeur ajoutée de la productivité des scientifiques. Les classements mondiaux, nationaux ou par établissement de recherche peuvent être obtenus. On retrouve sept enseignants chercheurs du département CID dans le TOP 100. **Mohamed Darouach (36^{ème})**, **Jamal Daafouz (44^{ème})**, **José Ragot (46^{ème})**, **Didier Maquin (64^{ème})**, **Didier Theilliol (72^{ème})**, **Hugues Garnier (90^{ème})** et **Cédric Join (99^{ème})**.

L'Université de Stanford a publié la liste des 2% des scientifiques les plus cités dans diverses disciplines. Le rapport a été préparé par une équipe d'experts dirigée par le professeur John Ioannidis, l'éminent professeur de l'Université de Stanford. Les résultats s'appuient sur l'analyse de la base de données Scopus d'Elsevier. Sur les 190163 chercheurs de cette liste, 90 personnes de proviennent de l'Université de Lorraine dont 3 du département CID : **Mohamed Darouach**, **Jamal Daafouz** et **Hugues Gar-**

Alex Hirtz a reçu le prix du meilleur poster au 12^{ème} forum du Canceropôle Grand Est les 17 et 18 novembre 2021 à Dijon

PRIX & DISTINCTIONS

Innovations

La production d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables

Hugues Rafaralahy et Michel Zasadzinski du département CID, travaillent depuis quelques années sur la production d'hydrogène avec Damien Guilbert du Groupe de Recherche en Energie Electrique de Nancy (GREEN).

L'idée est de produire de l'hydrogène à partir d'énergie renouvelable. La production qui s'effectue par électrolyse de l'eau, nécessite de l'énergie bas carbone, donc de préférence d'origine éolienne ou solaire, et de l'eau déionisée. Cette énergie casse la molécule d'eau, ce qui permet d'obtenir de l'hydrogène qui est stocké dans des réservoirs. Il est ensuite utilisé dans des piles à combustible.



C'est un sujet d'actualité et très stimulant, notamment en raison des problèmes posés par le réchauffement climatique. Aujourd'hui, 96 % de l'hydrogène est produit par des énergies fossiles comme le charbon,

le gaz ou le pétrole. Il s'agit d'avancer sur l'utilisation des énergies renouvelables.

Le data-tourisme: le traitement de données pour une offre touristique adaptée

Sélectionné par la région Grand Est, ce projet est co-financé par le Syndicat National des Moniteurs de Ski Français (SNMSF) et la région. D'une durée de 3 ans, il s'articule autour d'une thèse sur les thématiques de recherche de l'Industrie 4.0 dans le contexte du tourisme. En tant qu'enjeu stratégique du Grand Est, le projet ambitionne de transformer la plateforme touristique du SNMSF lancée en 2016 en un outil numérique doté d'un système global, intelligent et connecté. Le but est de permettre la collecte et le traitement des données en temps réel pour en extraire des connaissances à des fins touristiques. Ce travail de formalisation doit permettre d'utiliser les données et les informations

pour offrir de nouveaux services plus précis à tous les acteurs socio-économiques de la région et du département des Vosges en particulier.

Ce projet s'effectue dans la continuité de la thèse de Mickael Wajnberg de 2017 à 2020 au CRAN. Ayant posé les fondements d'une méthodologie d'extraction de connaissance polyvalente et portant plus spécifiquement sur la gestion des règles d'association dans des contextes relationnels. Les règles d'associations synthétisent la sémantique provenant des données hétérogènes. Le projet vise donc à compléter la méthodologie par l'élaboration d'une méthode formelle d'extraction et de réutilisation des connaissances provenant

de sources hétérogènes, par exemple, de plusieurs domaines skiables ou bien de location des gîtes pendant la saison estivale, de restaurants et activités économiques pour toute la région Grand Est. Ce processus est réalisé grâce à l'intensification du niveau de l'interopérabilité sémantique des systèmes cyber-physiques. MODERNESS est une reconnaissance du leadership du département ISET dans le domaine de l'extraction et la modélisation de connaissances appliquées à l'interopérabilité des systèmes cyber-physiques.

L'internet des objets pour prévenir et maîtriser les risques industriels

Le projet I2RM «Interactive and Intelligent physical assets control system for the Risks Management of hazardous industrial facilities » a été sélectionné dans le cadre de l'appel d'offre ANR Recherche-Action « Solutions innovantes et opérationnelles dans la maîtrise des risques industriels en milieu urbain et dense ».

Il rassemble les laboratoires LAMIH et CRAN et l'entreprise OKKO. Situé à Rémering-les-Puttelange, OKKO est une start-up dédiée au développement de solutions innovantes communicantes pour l'Internet des Objets. Elle a été créée en 2019 avec le soutien de la région Lorraine, et en partenariat recherche avec le CRAN depuis son lancement.

Le projet I2RM vise à mobiliser les ressources scientifiques et industrielles des partenaires pour apporter des solutions scientifiques et technologiques aux problématiques des nombreuses catastrophes industrielles survenues ces deux dernières décennies (ex. AZF 2001, Arcelor 2020, Lubrizol 2019). Cette perspective s'appuie sur les compétences recherche, d'une part, du département ISET, sur la modélisation de produits intelligents industriels, de système commandé par le produit, et de son expertise de conception de produit intelligent communicant, et d'autre part du LAMIH sur les architectures de pilotage hybrides et les systèmes multi-agents, et la conception robuste en automatique continue d'observateurs, et de planificateurs de trajectoire. La société OKKO apporte son expertise de développement de solutions communicantes autonomes. L'objectif majeur du projet est de garantir un niveau élevé de

maîtrise des risques technologiques dans les conditions d'exploitation d'une installation industrielle par l'anticipation, la prévention, l'évitement et l'alerte de toute situation critique pouvant affecter les biens et les personnes. Est également pris en compte toute situation anormale qui pourrait se manifester sur le positionnement,



le déplacement et le stockage des actifs physiques avec des risques potentiels associés (ex: produit, caisse, palette, conteneur, ...), ainsi que leurs interactions avec d'autres actifs, d'autres ressources (chariot élévateur, AGV, ...) et des opérateurs humains.

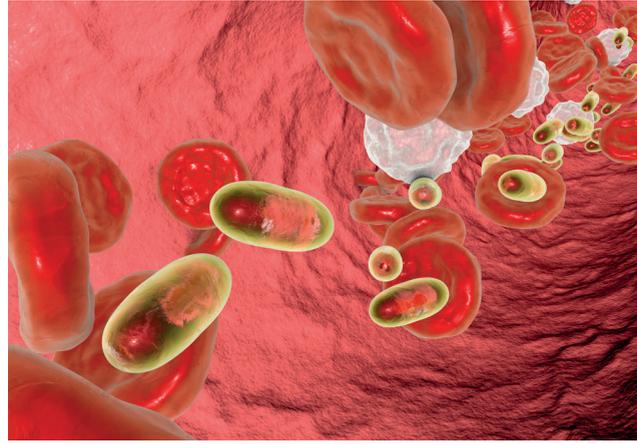
Le projet développe une méthodologie et des outils issus de l'automatique continue et des systèmes à événements discrets. Coordonné par le LAMIH, ce projet est prévu pour une durée de 24 mois jusqu'en septembre 2023 pour un budget total de 139 070€.

Des logiciels 2D et 3D innovants pour faciliter et améliorer le diagnostic précoce de lésions inflammatoires chroniques ou cancéreuses

Les chercheurs du CRAN disposent d'une longue expérience dans la cartographie 2D et 3D d'organes creux (vessie, estomac, etc.) et plus généralement des surfaces épithéliales (comme les surfaces cutanées). En tant que précurseur au niveau international dans la cartographie d'organes creux, ils ont acquis une expérience scientifique avérée et très peu répandue d'une application médicale difficile car impliquant la cartographie de scènes complexes contenant peu d'informations, très changeante en termes de textures et acquises avec des endoscopes dont la trajectoire et l'illumination sont très peu contrôlables.

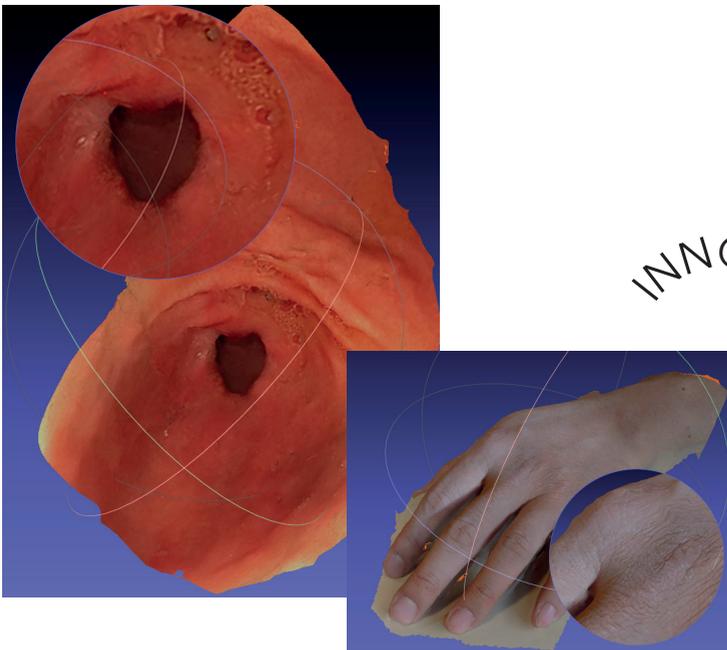
En juin 2021, le CNRS a reconnu cette expertise scientifique ainsi que le potentiel médical, sociétal et économique de la recherche effectuée au laboratoire en finançant un projet de pré-maturation dont l'objectif est le développement de deux démonstrateurs logiciels : l'un utilisable en clinique pour la cartographie 2D de vidéos gastroscopiques, l'autre pour la construction de cartes 3D pour diverses applications médicales ou industrielles.

L'objectif du CNRS à moyen terme est, en partenariat avec SAYENS (SATT Grand-Est), de favoriser une maturation des résultats issus de la pré-maturation.



Le CRAN s'associe à l'Institut Jean Lamour pour concevoir un nano-médicament

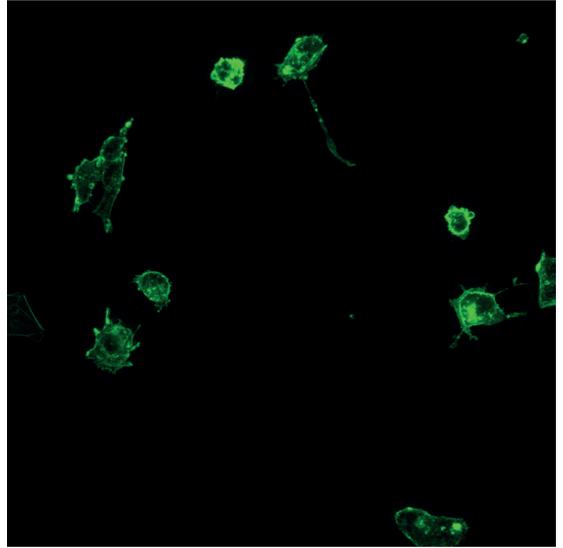
Retenu par le conseil scientifique de l'Université de Lorraine, l'intérêt de ce projet interdisciplinaire réside dans la volonté de combiner l'élaboration du nano-médicament et l'évaluation de son efficacité thérapeutique dans des conditions physiologiques, en tirant partie des savoir-faire de l'Institut Jean Lamour (IJL) et du laboratoire CRAN. Au sein de l'IJL, des nanoparticules permettant la combinaison des deux approches, l'hyperthermie et la chimiothérapie sont développées. D'une durée de 2 ans, il est porté par Olivier Joubert, enseignant-chercheur à l'IJL. Au CRAN, il est coordonné par Lina Bolotine.



INNOVATIONS
SNOITIONS

Un projet international en collaboration avec la Russie sur les tumeurs cérébrales

L'émergence du projet international IEA (International Emerging Actions) intitulé : « Étude du profil immunitaire des tumeurs cérébrales à l'aide du vert d'indocyanine (ICG) » est issu d'un partenariat franco-russe entre l'AM Prokhorov General Physics Institute (Russian Academy of Science) et les chercheurs du département BioSiS. Coordonné par le Professeur V. Loschev, le problème scientifique consiste à trouver un moyen peu invasif d'évaluer la destruction des tumeurs et métastases cérébrales en étudiant les mécanismes d'accumulation de nanoformes de Vert d'Indocyanine dans les tissus tumoraux cérébraux des modèles précliniques. Financé sur une durée de 2 ans, le projet est dirigé par Lina Bolotina au CRAN.



Le CRAN signe 2 thèses CIFRE avec Bioserenity sur les EEG

L'objectif est d'obtenir des nouveaux biomarqueurs électrophysiologiques en lien avec le langage et la mémoire. Ces biomarqueurs, associés à des technologies nouvelles de stimulations visuelles (écran embarqué) et d'enregistrements EEG (neuronaute), serviront à aider au diagnostic de pathologies neurologiques comme les troubles de la mémoire, Alzheimer, l'épilepsie du lobe temporal, les troubles du langage, l'aphasie, les AVC, les tumeurs etc. Ils aideront également au pronostic via la mesure des réserves cognitives par le suivi longitudinal et répété des patients dans le cadre d'une médecine personnalisée.

Projet SpIM : la prise en charge diagnostique des plaies chroniques

Dans le cadre du projet SpIM, le CRAN a obtenu en mars 2021 les autorisations du Comité de Protection des Personnes (CPP) et de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) pour démarrer l'essai clinique IMOXY au CHRU de Nancy. Ce projet vise à valider en clinique le dispositif d'Imagerie optique Panoramique Multimodalités (IPAM) conçu au CRAN et dont le transfert industriel a été réalisé par la société SD Innovation. Dans le même temps, ce dispositif a été lauréat de l'Appel à projet « Echange d'expertises » FLI 2021 d'une durée de 24 mois. Ce projet permet des échanges d'expertises en imagerie panoramique multimodalités Vis-NIR (CRAN) et en imagerie hyperspectrale (iCube) associées à des méthodes d'apprentissage automatisé afin d'évaluer l'efficacité diagnostique des propriétés optiques cutanées dans la prise en charge des plaies chroniques. Il s'inscrit également dans le cadre de l'essai clinique IMOXY.



INNOVATIONS

Technologies

Un robot mobile autonome pour la production industrielle

Les véhicules autonomes industriels permettent le transport de biens ou de services dans les entreprises manufacturières. Souvent présents dans le transport de matériels en entrepôt, ils sont amenés à être utilisés dans un champ plus vaste, notamment le processus de production où ils joueront un rôle majeur. Avec les avancées technologiques, en termes de mécatronique, d'informatique embarquée, de communication et d'information, ces véhicules deviennent de plus en plus mobiles comme les robots mobiles autonomes : AMRs. En outre, ils ne sont plus seulement limités au suivi de chemins prédéfinis tel que les véhicules guidés automatisés, connus sous le terme AGV. Cependant, les applications industrielles en production nécessitent de prendre en compte plusieurs aspects : la sécurité par rapport à l'humain, l'intelligence embarquée des AMRs, la conception des AMRs par rapport aux besoins de la production, etc. C'est pour étudier ce sujet qu'ISET et plus particulièrement la plateforme d'Epinal a été doté d'un AMR de marque OMRON. Une équipe composée de chercheurs, ingénieurs et techniciens du CRAN et de l'ENSTIB a bénéficié d'une formation de 5 jours sur le site du fournisseur à Annecy.



Le laser super-continuum se dote d'un nouveau module

En septembre 2021, la plateforme PhotoVivo a fait l'acquisition du module proche infrarouge SuperK Select de la société NKT Photonics adaptable sur le laser super-continuum FIU 15 acheté en 2020 dans l'objectif d'étendre sa bande spectrale modulable en puissance et en longueur d'onde de 640 à 2 000 nm. Grâce à cet achat, le laser super-continuum est opérationnel de 380 à 2 000 nm.

La plateforme TRACILOGIS-PIM accroît son champ d'application

Le département BioSiS dispose d'une plateforme d'imagerie hyperspectrale (PIM) dont l'élément central est une caméra pushbroom Specim FX17 acquise en 2016. Cette caméra permet d'enregistrer 670 images par seconde avec une résolution spatiale de 640 pixels et une résolution spectrale de 224 bandes dans la gamme 900-1700 nm. En 2021, de nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées à la plateforme par Alain Delconte, ingénieur d'études, permettant ainsi d'élargir son domaine d'application. Il s'agit notamment de la conception et l'installation d'une platine de rotation motorisée équipée d'un polariseur et l'implantation, au sein du logiciel d'acquisition, d'un algorithme de séparation « en-ligne » d'images hyperspectrales développé dans le cadre de la thèse de Ludivine Nus. Les nouveaux développements permettent l'utilisation de la polarisation comme nouvelle modalité en imagerie hyperspectrale. La polarisation s'est montrée particulièrement utile dans des applications où l'information spectrale seule ne suffit pas pour discriminer les différentes sources hyperspectrales présentes dans le mélange enregistré par l'imager.

ECoG : une plateforme pour mesurer l'activité cérébrale en chirurgie éveillée

La mise en oeuvre d'une plateforme d'électrophysiologie est en cours de développement pour émettre et recueillir les signaux électriques. L'objectif est de proposer une méthodologie de traitement et d'analyse de signaux électriques cérébraux et d'images obtenus au cours de protocoles de stimulations cérébrales électriques directes pendant les chirurgies éveillées chez l'Homme. Il s'agira de développer des méthodes de débruitage temps réel des artefacts de stimulation, d'analyse de la connectivité cérébrale

effective et de la propagation volumique du signal de stimulation. Le signal électrophysiologique sera intégré au sein de vidéos peropératoires via taggage de l'image afin d'effectuer une corrélation structure cérébrale/signal électrophysiologique/comportement. La plateforme permettra également à posteriori d'explorer le connectome, autrement dit le plan complet des connexions neuronales d'un cerveau via la réalisation d'une cartographie cérébrale corticale et sous-corticale.

Soutenances de thèse

BIOSIS

ROMAIN HUET

26 JANVIER

Reconnaissance de gestes et communication intracorpore sécurisée (Secured IntraBody Communication - IBC)

CYRIL BRZENCZEK

6 AVRIL

Modélisation multi-facteurs pour l'aide à la décision dans le traitement par chimiothérapie des tumeurs cérébrales de type gliomes diffus de bas grade

MICKAEL GRIES

30 SEPTEMBRE

Évaluation et caractérisation de l'efficacité thérapeutique de nanoparticules multifonctionnelles pour de la thérapie photodynamique interstitielle appliquée au glioblastome

CÉCILIA HOGNON

11 OCTOBRE

Modélisation et simulation moléculaire pour la compréhension des processus biologiques fondamentaux et le développement de nouveaux agents thérapeutiques contre le cancer et la Covid-19

CLÉMENCE PREVOST

22 OCTOBRE

Fusion de données multimodales par approximation de rang faible

CLAIRE JURAS

3 DÉCEMBRE

La chirurgie carcinologique guidée par la fluorescence proche infrarouge : optimisation du marquage tumoral

MARIE BLONSKI

13 DÉCEMBRE

Estimation du volume tumoral dans les Gliomes Diffus de Bas Grade à partir de la base de données nancéenne

CID

NICOLAS BLIN

11 Février

Modélisation par techniques harmoniques pour la commande et le filtrage actif de systèmes commutés associés appliquée à l'actionnement électrique

SIF-EDDINE BENHAMED

16 FÉVRIER

Commande distribuée coopérative appliquée aux microgrids à courant continu

JUAN ANTONIO VASQUEZ TREJO

13 JUILLET

Synthèse de méthodes de commande robustes à la perte d'un agent défaillant au sein d'une flotte de véhicules autonomes

JOMPHOP VEETASEVEERA

3 DÉCEMBRE

Synthèse de commandes décentralisées synchronisant des systèmes multi-agents avec des garanties de coûts individuels

ISET

GRÂCE BOYER

25 FÉVRIER

Evaluation dynamique d'indicateurs de sûreté de fonctionnement d'une architecture de contrôle-commande tout au long de son cycle de vie

BEREKET ABERA YILMA

28 JUILLET

Personnalisation dans les systèmes Cyber-Sociaux Physiques

HANG WAN

13 SEPTEMBRE

Matériaux communicants : modélisation et gestion de la consommation d'énergie

FLORENCE TCHOYA KONE

15 OCTOBRE

Contribution à la spécification et démonstration de sûreté du véhicule autonome, basées sur les situations et scénarios d'usage et leur évaluation probabiliste

DUC-HANH DINH

22 OCTOBRE

Politique de maintenance prédictive opportuniste pour un système à composants multiples avec dépendances multiples

NELSON MARCELO ROMERO AQUINO

18 NOVEMBRE

Une méthode intelligente d'évaluation des processus métier pour l'aide à la décision des entreprises



www.cran.univ-lorraine.fr



@Labo_CRAN CRAN Nancy