

RENCONTRES
TRANSDISCIPLINAIRES
**TECHNOLOGIES ET
SANTÉ**

**Interfaces
cerveau-machine**
Lundi 2 novembre 2020



ACADÉMIE
DES TECHNOLOGIES
POUR UN PROGRÈS RAISONNÉ, CHOISI ET PARTAGÉ

ACADÉMIE
NATIONALE
DE MÉDECINE



TABLE DES MATIÈRES

Editorial	3
Programme de la journée	4
Intervenants et présentations	6
Organisation et partenaires	18
Organismes	
Membres du comité de pilotage	

ÉDITORIAL

Les recherches pluridisciplinaires qui associent les sciences du vivant, la médecine et les technologies ont donné lieu à des développements remarquables et sont porteuses dans les décennies à venir de révolutions technologiques et sociétales.

Le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), l'Académie nationale de médecine et l'Académie des technologies ont souhaité mettre en place des conférences ou journées d'information sur certaines de ces avancées, ouvertes aux spécialistes et chercheurs, mais également au public averti et à la presse. Ces événements visent à éclairer chaque thème et à souligner son caractère transdisciplinaire. Ils permettront également de porter la parole des chercheurs auprès du public et le cas échéant d'inciter les décideurs à mettre en place les dispositifs de soutien que ces recherches méritent.

Les premières rencontres porteront sur deux domaines dont les développements récents sont spectaculaires, et qui ont fait l'objet de rapports récents des Académies des technologies et de médecine : le stockage de l'information à l'échelle moléculaire sur ADN comme sur d'autres types de molécules pour l'une, les interactions des machines avec le cerveau pour l'autre.

Ces Rencontres transdisciplinaires technologies et santé ont vocation à devenir des rendez-vous

réguliers lors desquels pourront être abordés d'autres thématiques d'avenir.

Lorsque le cerveau n'est plus connecté au corps, suite à un accident ou une pathologie dégénérative, interagir avec le monde devient difficile voire impossible. Les interfaces cerveau-machine sont des moyens technologiques pour contourner le problème. Elles permettent de capter, directement ou indirectement, l'activité électrique générée par le système nerveux central ou l'information présente dans l'environnement, de décoder et traiter ces signaux, puis de les utiliser soit pour contrôler un membre artificiel, soit pour piloter directement un ordinateur par la pensée, soit encore, de renvoyer l'information vers le système nerveux, par exemple pour remplacer un sens déficient. Les applications médicales sont innombrables, et permettront, à terme, de restaurer des fonctions motrices et/ou sensorielles partiellement ou totalement perdues.

Des experts reconnus au niveau international en neurosciences, informatique, robotique, et intelligence artificielle présenteront leurs travaux dans ce domaine. Des médecins, sociologues, économistes et juristes discuteront de ces avancées scientifiques et technologiques et de l'impact qu'elles auront, et ont déjà, sur la médecine.

PROGRAMME

PROGRAMME MATIN

9h20-13h00

9h20 - 9h30

ALAIN SCHUHL

Directeur général délégué à la science

YVES REMOND

Co-directeur de l'ITMO « Technologies pour la Santé » de l'Alliance Aviesan

Mot d'accueil

JEAN FRANÇOIS ALLILAIRE

Secrétaire perpétuel de l'Académie nationale de Médecine

9h30 - 10h30

SESSION 1 - DÉCODER LE CODE NEURAL

ALIM LOUIS BENABID

Membre de l'Académie des Sciences

Interface cerveau machine épidural sans fil chroniquement implanté
20'

MARCO CONGEDO

Chercheur CNRS, GIPSA-lab

Le noyau intelligent d'une interface cerveau-ordinateur
20'

ANATOLE LÉCUYER

Chercheur Inria

Interfaces neuronales et réalité virtuelle : vers des technologies hybrides et de nouvelles thérapies digitales ?
20'

10h30 - 10h50

Séance de questions

10h50 - 11h35

VALÉRIE EGO-STENGEL

Chercheuse CNRS, NeuroPSI

Comprendre le fonctionnement du cerveau grâce aux interfaces cerveau-machine
15'

JÉRÉMIE MATTOUT

Chercheur INSERM

Quel avenir pour les interfaces cerveau-machine non-invasives ?
15'

SID KOUIDER

Chercheur CNRS LSCP et fondateur de NextMind

Vers des interfaces cerveau-machine pour le grand public
15'

11h35 - 11h55

Séance de questions

11h55 - 12h15

PAUSE

12h15 - 13h00

SONIA DESMOULIN

Chercheuse CNRS, DCS

JEAN-CHRISTOPHE VERGNAUD

Chercheur CNRS, Centre d'économie de la Sorbonne

TABLE RONDE 1.
ASPECTS JURIDIQUES, ÉTHIQUES ET ÉCONOMIQUES

Animée par Arnaud Benedetti

HERVÉ CHNEIWEISS

Neurologue et chercheur CNRS, Neurosciences Paris-Seine

LAURENCE DEVILLERS

Chercheuse CNRS, LIMSI

13h45 - 14h25**SESSION 2 - RECONNECTER LE CERVEAU AU CORPS**

SERGE PICAUD
Chercheur INSERM

Restauration visuelle pour des patients aveugles : de la science-fiction à la réalité
20'

VANCE BERGERON

Chercheur CNRS, Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon

Le vélo électrostimulé : un sport électrisant
20'

14h25 - 14h45**Séance de questions**

NATHANAËL JARRASSÉ
Chercheur CNRS, ISIR

Améliorer le contrôle des prothèses grâce au membre fantôme
15'

LAURENT BOUGRAIN
Professeur à l'Université de Lorraine

Apprentissage automatique à partir de l'activité électrique cérébrale motrice pour la surveillance, le contrôle et la rééducation
15'

CAMILLE JEUNET
Chercheuse CNRS, CLLE

Faciliter l'apprentissage, favoriser l'acceptabilité : deux éléments nécessaires à la démocratisation des interfaces cerveau-ordinateur (ICO)
15'

15h30 - 15h45**Séance de questions**

15h45 - 16h00

PAUSE

16h00 - 16h45

BAPTISTE MOUTAUD
Chercheur CNRS, LESC

JEAN-MARC LÉGER
Académie de médecine

BRUNO JARRY
Académie des technologies

AGNÈS ROBY BRAMI
Chercheuse Inserm

TABLE RONDE 2.
CONNECTER CERVEAU ET MACHINE : INNOVATIONS MÉDICALES ?
Animée par Arnaud Benedetti

16h45 - 17h00

BERNARD POULAIN
Co-directeur de l'ITMO « Neurosciences »
de l'Alliance Aviesan

Conclusion de la journée

INTERVENANTS ET PRÉSENTATIONS

© Bibliothèque de l'Académie nationale de médecine



Jean-François ALLILAIRE

Secrétaire perpétuel de l' Académie nationale de médecine

Jean François Allilaire est docteur en médecine, spécialiste en psychiatrie, ancien interne des hôpitaux de Paris et des hôpitaux psychiatriques d'Ile-de-France. Chef de clinique de la faculté, puis professeur d'université, il a dirigé le service hospitalo-universitaire de psychiatrie de l'hôpital de la Salpêtrière au sein de l'IFR de neurosciences Charcot et au pôle des maladies du SNC du CHU Pitié-Salpêtrière. Chercheur clinicien à l'Inserm « psychopathologie et pharmacologie des comportements » puis au CNRS « Vulnérabilité, adaptation et psychopathologie », ses recherches portent sur les mécanismes et les traitements des troubles psychiatriques dans les domaines de l'anxiété, la dépression et la bipolarité. Il est élu secrétaire perpétuel de l'Académie nationale de médecine en 2018.

Intervention en introduction



Alim Louis BENABID

Membre de l'Académie des Sciences

Alim Louis Benabid est né à Grenoble en 1942, il est docteur en médecine et en physique, il a été neurochirurgien des Hôpitaux en même temps que professeur de biophysique à l'université de Grenoble, et directeur de l'unité de recherche Inserm de neurobiologie préclinique, pendant 19 ans, il est actuellement professeur émérite de biophysique, président du directoire de Clinatec au CEA de Grenoble. Ses travaux, en particulier l'invention de la stimulation cérébrale profonde à haute fréquence, lui ont valu de nombreux prix, dont le prix Lasker et le prix Breakthrough, son élection à l'Académie des Sciences, à l'Académie de Médecine comme membre correspondant et à l'Académie royale de médecine de Belgique. Ses travaux des 13 dernières années au sein de Clinatec, dont la mission est d'apporter des solutions technologiques de pointe à des problèmes médicaux, portent actuellement sur l'illumination intracérébrale dans le proche infrarouge, dans les maladies neurodégénératives, comme le Parkinson et l'Alzheimer, ainsi que l'élaboration d'interfaces cerveau machine, constitués d'un implant intracrânien à 64 électrodes chronique et bilatéral, pilotant une exosquelette à 4 membres visant à redonner une mobilité à des malades tels que des tétraplégiques d'origine traumatique. Il a cosigné 538 publications (cité 39497 fois) et son H index est 93.

Intervention : Interface cerveau machine épidual sans fil chroniquement implanté améliorant la mobilité d'un patient tétraplégique grâce à un exosquelette 4 membres : une preuve de concept

La motricité est un des éléments les plus caractéristiques et significativement utiles de la vie. Elle peut-être en particulier interrompue, ou fortement altérée par divers troubles neurologiques, que ce soit la section traumatique de la moelle épinière, ou l'altération de la commande cérébrale comme c'est le cas dans la sclérose latérale amyotrophique. L'idée est ancienne de compenser cette absence de communication entre le cerveau et les membres, elle s'est concrétisée dans le développement encore récent de systèmes prenant les informations cérébrales de commande et les utilisant pour piloter des effecteurs de compensation, que ce soit des instruments domotiques, des accessoires de mobilité tels que les fauteuils roulants, mais aussi sur un mode anthropomorphique ces armures motorisées que sont les exosquelettes.

Ces interfaces cerveau-machine connaissent un développement rapide et grâce à l'apport des micronanotechnologies, de la mécatronique et surtout du traitement de plus en plus performant des signaux cérébraux, laissent augurer un bénéfice au malade, sortant du laboratoire pour aller vers la maison et la ville, grâce à une récupération de la mobilité qui saura, même si elle est artificielle, apporter à ces malades une amélioration significative, sur un mode rapidement croissant, de leur qualité de vie.



Arnaud BENEDETTI

Rédacteur en chef de la Revue politique et parlementaire, professeur à l'université Paris-Sorbonne

Rédacteur en chef de la Revue politique et parlementaire, professeur associé en histoire de la communication à Sorbonne Université, Arnaud Benedetti a par ailleurs dirigé successivement la communication du CNES, du CNRS et de l'Inserm. Il est l'auteur de huit ouvrages parmi lesquels « La fin de la com » (cerf), « Le coup de com' permanent » (cerf) et « Le progrès est-il dangereux ? », co-écrit avec Catherine Brechignac (Humensens).

Intervention : Animation de la table ronde



© Nicolas Pitaro

Vance BERGERON

Chercheur CNRS au Laboratoire de physique de l'école normale supérieure de Lyon, et président de l'association ANTS

Vance Bergeron est directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physique de l'école normale supérieure de Lyon en France, de nationalité franco-américaine. À la suite d'un accident de vélo survenu en 2013 et l'ayant laissé tétraplégique, il réoriente son domaine de recherche et réunit des experts locaux et internationaux afin de mettre en place une approche transversale autour de l'activité physique adaptée, et des thérapies de rééducation neurologique de pointe. En 2015, il crée l'association ANTS (Advanced Neurorehabilitation Therapies and Sport) afin de donner accès au plus grand nombre aux dernières avancées en matière de rééducation neurologique. En 2016, il participe à l'épreuve de vélo électrostimulé à l'occasion du premier Cybathlon, à Zurich. En 2018, l'association ANTS ouvre la première salle de sport dédiée aux personnes en situation de handicap moteur en France.

Intervention : Le vélo électrostimulé : un sport électrisant

La Stimulation électrique fonctionnelle (SEF) est une technique consistant à envoyer de faibles impulsions électriques dans les nerfs moteurs responsables des contractions musculaires, au travers d'électrodes placées à la surface de la peau. Elle permet de déclencher des contractions musculaires qui, lorsqu'elles sont séquencées de façon adéquate, donnent la possibilité de reproduire un mouvement fonctionnel comme la marche, le pédalage ou encore la préhension. Cette technique est particulièrement utile pour rendre leur mobilité aux membres parétiques des personnes paralysées, et leur permettre ainsi de gagner en autonomie tout en améliorant leur santé grâce à l'activité physique associée.



© Inria / Photo L. Phisaly (2017)

Laurent BOUGRAIN

Professeur à l'Université de Lorraine et au Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications

Depuis l'obtention d'un DEA en intelligence artificielle, une licence de psychologie et un doctorat en informatique, Laurent Bougrain travaille sur l'apprentissage automatique en neurosciences et plus spécifiquement sur les interfaces cerveau-ordinateur (ICO) pour la santé. Il a remporté une compétition internationale sur la prédiction de la flexion des doigts à partir de données électro-corticogramme (ECOG) en 2008. Il a été président de la première école française sur les ICO en 2011. Il est coéditeur d'un livre en deux volumes sur les interfaces cerveau-ordinateur en 2016 (disponible en anglais et en français). Il travaille actuellement sur la détection des réveils peropératoires sous l'anesthésie générale. Il est coordinateur du projet ANR Grasp-IT sur la conception et évaluation d'une ICO tangible et haptique pour la rééducation du membre supérieur de patients post-AVC.

Intervention : Apprentissage automatique à partir de l'activité électrique cérébrale motrice pour la surveillance, le contrôle et la rééducation

Ces dernières années, de nouvelles méthodes pour analyser des signaux électroencéphalographiques sont apparues dans le domaine des interfaces cerveau-ordinateur. Cette présentation abordera l'apport de ces méthodes d'apprentissage innovantes (apprentissage multilabels, apprentissage profond, apprentissage par transfert, apprentissage adaptatif...) disponibles pour traiter les problématiques rencontrées dans le domaine des interfaces cerveau-ordinateur (variabilités intra- et inter-individuelles, réduction du temps de calibration, augmentation du nombre de commandes, amélioration du taux de reconnaissance...). Plusieurs applications liées à la reconnaissance de l'activité électrique cérébrale motrice ; comme la surveillance de l'activité motrice sous anesthésie générale, le contrôle d'un bras robotique et l'amélioration de la rééducation de patients post-AVC à l'aide d'un dispositif haptique et tangible ; illustreront les bénéfices et les limites actuelles de ce domaine.



© Ed Alcock

Hervé CHNEIWEISS

Neurologue et chercheur CNRS au Laboratoire neurosciences Paris-Seine

Hervé Chneiweiss est neurobiologiste et neurologue, directeur de recherches au CNRS du laboratoire Neurosciences Paris Seine (CNRS/Inserm/Sorbonne Université). Ses travaux portent sur la plasticité des astrocytes et des cellules de glioblastome. Ancien membre du Comité consultatif national d'éthique (CCNE), il est président du comité d'éthique de l'Inserm et du Comité International de Bioéthique (CIB) de l'UNESCO. Il a été expert pour l'élaboration de la recommandation 2019 OCDE sur les neurotechnologies et le CIB produira en 2021 un rapport sur éthique des neurotechnologies et droits de l'homme.

Intervention : Première session de table ronde



© Marco Congedo, 2020

Marco CONGEDO

Chercheur CNRS, Grenoble images parole signal automatique

Marco Congedo obtained the Ph.D. degree in Biological Psychology with a minor in Statistics from the University of Tennessee, Knoxville, in 2003, where he worked with Prof. J. Lubar to a neurofeedback system based on electromagnetic tomographies. Since 2007, he is a researcher at CNRS and works at GIPSA-lab, Grenoble, on Brain-Computer Interfaces. His research focuses on human electroencephalography (EEG) and mathematical tools useful for its analysis and classification, such as blind source separation and Riemannian geometry. He has authored over 150 scientific publications on these subjects.

Intervention : Le noyau intelligent d'une interface cerveau-ordinateur

Une interface cerveau-ordinateur (ICO) est capable d'encoder une information physiologique du cerveau, telle que par l'électroencéphalogramme, et de la décoder sous forme d'une commande. Dans cette intervention nous discuterons du noyau d'une ICO, qui a l'apanage de cette opération. Loin d'être capable de « lire dans la pensée », nous verrons comment on instruit le noyau à exploiter certaines propriétés physiologiques du cerveau. Nous discuterons ensuite les limites actuelles de cette technologie, ses enjeux socio-économiques et l'intérêt qu'elle suscite dans les milieux trans-humanistes.



© 2018, Sonia Desmoulin-Canselier

Sonia DESMOULIN

Chercheuse CNRS au Laboratoire droit et changement social

Titulaire d'un doctorat en Droit privé, Sonia Desmoulin-Canselier est chargée de recherche CNRS, rattachée au laboratoire droit et changement social (UMR 6297 Université de Nantes/CNRS) et associée à l'Institut des sciences juridique et philosophique de la Sorbonne (UMR 8103 Paris 1/CNRS). Ses travaux portent sur les interactions entre les sciences expérimentales et numériques et le droit, étudiés comme champs de savoir et de pouvoir (encadrement juridique des activités et produits technoscientifiques ; construction et circulation des concepts, des catégories et des vocabulaires). Parmi ses travaux récents, elle a dirigé le projet ANR NormaStim sur les enjeux juridiques, philosophiques et sociologiques de la stimulation cérébrale profonde (La stimulation cérébrale profonde, de l'innovation au soin. Les neurosciences cliniques à la lumière des sciences humaines et sociales, ouvrage dirigé avec M. Gaille et B. Moutaud, éditions Hermann, mars 2019, 368 p). Elle est actuellement membre du comité de pilotage du projet DataSanté sur les données massives et les algorithmes en médecine (Décider avec les algorithmes. Quelle place pour l'Homme, quelle place pour le droit ?, co-écrit avec D. Le Métayer, Dalloz, collection « Les sens du droit », février 2020, 275 p.).

Intervention : Première session de table ronde



© Laurence Devillers 2018

Laurence DEVILLERS

Professeure à l'Université de la Sorbonne, Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI)

Laurence Devillers, professeure en IA à la Sorbonne, dirige l'équipe «Dimensions affectives et sociales des interactions parlées» au CNRS-LIMSI. Elle est responsable de la chaire HUMAINE (Saclay) dont les sujets portent sur l'informatique émotionnelle, le nudge des agents/robots conversationnels et l'éthique. Elle est membre du Comité national pilote éthique du numérique et du Global Partnership on AI depuis juin 2020 sur le futur du travail. Elle est l'auteur de « Des robots et des hommes » (2017), « Les robots émotionnels » (2020) et La souveraineté numérique dans l'après crise (2020).

Intervention : Première session de table ronde



© Valérie EGO-STENGEL

Valérie EGO-STENGEL

Chercheuse CNRS à l'Institut des neurosciences Paris-Saclay

Initialement formée en mathématiques et physique, Valérie Ego-Stengel a étudié les systèmes sensoriels et leur plasticité pendant sa thèse au CNRS, puis la mémorisation pendant le sommeil au MIT. Chercheuse à l'Institut des neurosciences Paris-Saclay (NeuroPSI) à Gif-sur-Yvette depuis 2009, elle s'intéresse aux mécanismes neuronaux mis en jeu lors de l'apprentissage de nouvelles capacités sensorimotrices, en particulier lors de l'utilisation d'une interface cerveau-machine. En parallèle de ses recherches, Valérie enseigne les neurosciences aux étudiants ingénieurs de Paris-Saclay, dans des cursus pluridisciplinaires.

Intervention : Comprendre le fonctionnement du cerveau grâce aux interfaces cerveau-machine

Nous avons mis au point une interface cerveau-machine bidirectionnelle, à la fois sensorielle et motrice, chez la souris, qui nous permet d'étudier le fonctionnement des réseaux corticaux. Grâce à ce développement technologique, nous avons montré que la représentation du corps que l'on trouve sur le cortex somatosensoriel joue un rôle dans l'apprentissage d'une nouvelle capacité sensorimotrice. Nos travaux proposent ainsi des principes fonctionnels à respecter en vue du développement d'interfaces cerveau-machine pour l'humain.



© Cécilia Esnault du CNRS 2020

Nathanaël JARRASSÉ

Chercheur CNRS à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique

Nathanaël Jarrassé (Ing. Arts et Métiers (2006), docteur de l'Université Pierre et Marie Curie (2010)) est chargé de recherche CNRS à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (ISIR) de Sorbonne Université à Paris. Ses recherches portent sur l'interaction physique homme-robot pour des applications thérapeutiques (rééducation et assistance au geste), le contrôle moteur humain, mais aussi sur l'appropriation des dispositifs techniques et les relations entre technologie et société.

Intervention : Améliorer le contrôle des prothèses grâce au membre fantôme

Alors que le matériel prothétique s'améliore constamment avec des prothèses bioniques possédant toujours plus d'articulations motorisées, offrir aux personnes amputées un contrôle intuitif, simple et performant de ces dispositifs reste un challenge complexe et non résolu. Nous avons récemment développé une approche innovante qui propose, plutôt que d'utiliser une chirurgie de reroutage nerveux ou des apprentissages complexes, d'exploiter la réorganisation neuro-musculaire après amputation qui conduit chez une majorité de personnes à l'apparition d'un membre fantôme mobilisable. En décodant les mouvements du membre fantôme et en les reproduisant avec la prothèse en temps réel, nous proposons en quelque sorte de reconnecter ce «morceau artificiel de corps» qu'est la prothèse, au cerveau.



Bruno JARRY

Président honoraire de l'Académie des technologies

Après une carrière universitaire – il a été chercheur au CNRS puis professeur de génétique à l'Université Louis Pasteur et directeur de l'École supérieure de biotechnologie de Strasbourg, Bruno JARRY est nommé en 1988 vice-président R&D d'ORSAN, la filiale biotechnologique du Groupe Lafarge. Il sera à partir de 1995 Directeur R&D du Groupe belge Amylum, puis, à partir de 2000, directeur scientifique du groupe britannique Tate & Lyle. De 2004 à 2007 il est conseiller du Président de l'Institut Curie et de 2007 à 2013, chargé de mission au cabinet du Premier Ministre pour les questions liées aux biocarburants et à la chimie verte. Bruno Jarry est administrateur de plusieurs sociétés du domaine de la biotechnologie. Elu membre de l'Académie des technologies en 2003 il l'a présidé en 2018.

Intervention : Deuxième session de table ronde



Camille JEUNET

Chercheuse CNRS au Laboratoire cognition langues langage ergonomie

Camille Jeunet obtient en 2016 un doctorat en sciences cognitives de l'université de Bordeaux et reçoit le Label Européen ainsi que 3 prix de thèse. Elle effectue ensuite un post-doctorat entre l'École polytechnique fédérale de Lausanne et INRIA. En 2018, elle est recrutée chargée de recherche au CNRS au sein du Laboratoire cognition langues langage ergonomie (CLLE), Toulouse. Elle y mène une recherche interdisciplinaire combinant psychologie, informatique et neurosciences visant à améliorer la fiabilité et l'acceptabilité, et par là à démocratiser l'usage des ICO destinées à l'amélioration de capacités motrices, particulièrement dans le cadre de la rééducation post-AVC et de la performance sportive.

Intervention : Faciliter l'apprentissage, favoriser l'acceptabilité : deux éléments nécessaires à la démocratisation des ICO

Les interfaces cerveau-ordinateur (ICO) sont prometteuses dans de nombreux domaines, notamment pour l'amélioration de performances motrices (p.ex., rééducation post-AVC, entraînement sportif). Néanmoins, afin de faire sortir ces technologies des laboratoires, de nombreux défis scientifiques restent à relever. Nous nous concentrerons ici sur ceux liés à l'apprentissage humain. Nous verrons en quoi comprendre les mécanismes sous-tendant l'apprentissage et l'acceptabilité des ICO est essentiel afin de concevoir des entraînements efficaces, d'améliorer l'utilisabilité et de permettre la démocratisation de ces technologies.



© Sofie Gesikov, 2020

Sid KOUIDER

Chercheur CNRS, fondateur de NextMind

Sid Kouider étudie les signatures neurophysiologiques de fonctions cognitives. Ses recherches combinent psychophysique et l'imagerie cérébrale (IRMf / EEG) afin de i) rechercher des signatures neurophysiologiques des états mentaux conscients et inconscients, et ii) appliquer ces signatures neurophysiologiques pour sonder les états mentaux lorsque les humains ne peuvent pas rapporter leurs propres pensées : nourrissons, dormeurs et patients dans le coma. Sid Kouider a récemment fondé NextMind, spin-off de son spécialisée dans l'EEG en temps réel, l'apprentissage automatique, l'attention visuelle, et la conscience visuelle pour développer des interfaces cerveau-machine.

Intervention : Vers des interfaces cerveau-machine pour le grand public

La présentation donnera un aperçu des avancées en termes matérielles et algorithmiques permettant l'utilisation d'interfaces cerveau-machine basé sur le décodage de l'attention dans le cortex visuel. Nous verrons comment ces technologies peuvent être utilisées chez le grand public pour le jeu vidéo et le divertissement.



© Inria / Photo Kakkonen, 2013

Anatole LÉCUYER

Chercheur INRIA

Anatole Lécuyer est directeur de recherche et responsable de l'équipe Hybrid chez Inria à Rennes. Il explore, depuis 20 ans, les technologies d'interaction avec les univers virtuels comme les interfaces neuronales. Il est co-auteur de plus de 200 articles scientifiques et d'une dizaine de brevets, et fut co-fondateur de la startup Mensia Technologies. Il est expert auprès d'organisations comme l'ANR ou la Commission Européenne. Il a reçu le prix « Inria-Académie des Sciences du Jeune Chercheur » en 2013, et le prix « IEEE VGTC Technical Achievement Award in Virtual/Augmented Reality » en 2019.

Intervention : Interfaces neuronales et réalité virtuelle : vers des technologies hybrides et de nouvelles thérapies digitales ?

Dans cet exposé nous reviendrons d'abord sur l'historique des recherches sur les interfaces cerveau-machine (ICM) en France. Nous évoquerons de grands succès français comme OpenViBE, un logiciel pour les ICM utilisé aujourd'hui partout dans le monde. Nous montrerons comment les interfaces neuronales et la réalité virtuelle/augmentée peuvent être associées pour concevoir des applications originales (domotique, divertissement, sport, santé). Nous présenterons enfin HEMISFER: un projet d'avenir pour traiter des pathologies comme la dépression ou les AVC, en repoussant les limites du neurofeedback.



© Jean-Marc LÉGER

Jean-Marc LÉGER

Membre de l'Académie nationale de médecine

Dr Léger was co-coordinator of the National Referral Center for rare Neuromuscular Diseases (IHU de Neurosciences/ICM), at University Hospital Pitié-Salpêtrière. He served as editor-in-chief of the revue Neurologique and president of the Société Française de Neurologie. He was officer of the management committee of the European Federation of Neurological Societies and member of the board of the Peripheral Nerve Society. He is fellow of the European Academy of Neurology, fellow of the American Academy of Neurology, and corresponding fellow of the American Neurological Association. He was elected as full member of the Académie nationale de médecine, France, in 2016.

Intervention : Deuxième session de table ronde



Photo libre de droit

Jérémie MATTOUT

Chercheur INSERM au Centre de recherche en neurosciences de Lyon

Ingénieur de formation, Jérémie Mattout a obtenu un doctorat en neurosciences cognitives et neuroimagerie à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris. Il a eu une longue expérience de recherche à l'University College London. Puis, après un court passage au centre Neurospin de Saclay, il est devenu chercheur à l'INSERM, au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Il s'apprête à prendre la codirection d'une nouvelle équipe baptisée COPHY (cognition, computation et neurophysiologie). Ses recherches, à la fois méthodologiques et expérimentales, portent notamment sur la modélisation des signaux neurophysiologiques chez l'homme et les applications de type interface cerveau-machine.

Intervention : Quel avenir pour les interfaces cerveau-machine non-invasives ?

Le monde des interfaces cerveau-machine se divise en deux catégories: les méthodes qui impliquent de « creuser », entendez les implants, et les approches non-invasives.

Si ces dernières rivalisent difficilement avec les implants pour contrôler une neuroprothèse ou restaurer une communication verbale, leur potentiel est grand pour la réhabilitation motrice ou cognitive, l'exploration fonctionnelle de patients avec troubles de conscience et même la recherche fondamentale. Toutefois, aucun produit sorti des laboratoires n'a encore fait la preuve de son efficacité. Le principal défi est neuroscientifique, celui du décodage du fonctionnement cérébral.



© Moutaud 2020

Baptiste MOUTAUD

Chercheur CNRS au Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative

Mes recherches en anthropologie sociale portent sur les dimensions sociales et culturelles des savoirs et pratiques des neurosciences dans les sociétés contemporaines. J'explore plus particulièrement les conceptions de l'humain et les formes de vie qu'elles renferment. Ceci à travers différents terrains d'observations, comme le développement des technologies de neuromodulation en neurologie et psychiatrie ; le recours à la robotique dans la prise en charge de l'autisme ; ou encore la régulation éthique de la production de cerveaux artificiels en biologie.

Intervention : Deuxième session de table ronde



© Inserm 2019

Serge PICAUD

Chercheur INSERM à l'Institut de la vision

Après des travaux sur le traitement de l'information visuelle par la rétine, Serge Picaud et ses collaborateurs se sont concentrés sur des approches de restauration visuelle pour des patients devenus aveugles après la perte de leurs photorécepteurs. La société Pixium Vision est créée pour développer des prothèses rétiniennes et la société Gensight Biologics pour développer la thérapie optogénétique utilisant des opsines d'algues unicellulaires. Son nouveau défi porte sur la restauration visuelle au niveau du cortex pour les patients ayant perdu le lien œil-cerveau comme dans le glaucome.

Intervention : Restauration visuelle pour des patients aveugles: de la science-fiction à la réalité

Après une introduction de l'état de l'art sur la restauration visuelle, la présentation illustrera la stratégie utilisée pour valider la prothèse rétinienne PRIMA sur le primate non-humain avant le lancement des essais cliniques chez les patients aveugles atteints de dégénérescence maculaire liée à l'âge. Ensuite, la présentation introduira le concept de thérapie optogénétique et sa validation sur le primate non-humain qui a depuis permis le lancement des essais cliniques sur les patients aveugles atteints de rétinopathie pigmentaire.



© Lydie Matheret

Bernard POULAIN

Chercheur CNRS à l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives à Strasbourg

Bernard Poulain est directeur de recherche au CNRS à l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives à Strasbourg (CNRS, en association à l'Université de Strasbourg).

Depuis 2009, il aussi est directeur adjoint scientifique à l'Institut des sciences biologiques du CNRS, en charge des neurosciences et cognition. Depuis 2012, il est co-directeur de l'Institut thématique multi-organismes «Neurosciences et sciences cognitives, neurologie et psychiatrie» de l'Alliance nationale française pour les sciences de la vie et de la santé (Aviesan).

Intervention en conclusion



© Pierre Maraval 2011

Yves RÉMOND

Chargé de mission au CNRS (INSIS), codirecteur de l'Institut des «Technologies pour la santé» de l'alliance AVIESAN

Professeur de mécanique des matériaux à l'école de chimie, polymères et matériaux (ECPM) et de mécanobiologie en master biologie-santé à Strasbourg, Yves RÉMOND effectue ses recherches au sein du laboratoire ICube CNRS, sur la modélisation et la simulation du comportement mécanique des polymères et sur la mécanobiologie osseuse. Après avoir dirigé l'Institut de mécanique des fluides et des solides pendant 10 ans, il a été directeur adjoint scientifique au CNRS (INSIS) pour la mécanique des matériaux et structures, le génie civil, l'acoustique et la biomécanique de 2012 à 2018.

Intervention en introduction



Agnès ROBY-BRAMI

Chercheuse Inserm à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique

Agnès Roby-Brami est docteur en médecine et en sciences et directeur de recherche émérite INSERM. Ses premiers travaux portent sur la neurophysiologie des automatismes spinaux. Ensuite, elle s'est intéressée à la rééducation fonctionnelle du membre supérieur et aux technologies d'assistance pour des patients ayant une incapacité sensorimotrice, liée en particulier à un AVC, une blessure médullaire ou des problèmes orthopédiques. Elle a été impliquée dans des réseaux nationaux et internationaux sur le handicap. Depuis 2010, elle est rattachée au laboratoire de robotique de Sorbonne université (ISIR, INSERM ERL 1150, CNRS UMR 7222).

Intervention : Deuxième session de table ronde



Alain SCHUHL

Directeur général délégué à la science

Professeur de l'Université Grenoble-Alpes, Alain Schuhl est un ancien élève de l'École normale supérieure de Paris. Titulaire d'une thèse en sciences physiques, il consacre ses travaux à la spintronique, d'abord chez Thales, puis en tant qu'enseignant-chercheur à Nancy et ensuite à Grenoble. Il y dirige le laboratoire Spintec de 2007 à 2010. Devenu membre senior de l'Institut universitaire en 2010, Alain Schuhl a également été directeur de l'Institut Néel à Grenoble entre 2011 et 2014 et directeur de l'institut de physique du CNRS de février 2015 à avril 2018.

Intervention en introduction



Jean-Christophe VERGNAUD

Chercheur CNRS au Centre d'économie de la Sorbonne et à la Fédération de recherche pour les sciences sociales des comportements humains

Jean-Christophe Vergnaud mène des recherches en économie publique appliquée en santé-environnement et en théorie de la décision à la frontière avec la psychologie cognitive. Il est responsable du Laboratoire d'économie expérimentale associé au Centre d'économie de la Sorbonne et l'École d'économie de Paris. Il est également directeur de la Fédération de recherche pour les sciences sociales des comportements humains.

Intervention : Première session de table ronde

ORGANISATION ET PARTENAIRES

ORGANISMES

Centre national de la recherche scientifique (CNRS)

Le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) est une institution publique de recherche parmi les plus reconnues et renommées au monde. Depuis plus de 80 ans, il répond à une exigence d'excellence au niveau de ses recrutements et développe des recherches pluri et inter disciplinaires sur tout le territoire, en Europe et à l'international. Orienté vers le bien commun, il contribue au progrès scientifique, économique, social et culturel de la France. Le CNRS, c'est avant tout 32 000 femmes et hommes et 200 métiers. Ses 1000 laboratoires, pour la plupart communs avec des universités, des écoles et d'autres organismes de recherche, représentent plus de 120 000 personnes ; ils font progresser les connaissances en explorant le vivant, la matière, l'Univers et le fonctionnement des sociétés humaines. Le lien étroit qu'il tisse entre ses activités de recherche et leur transfert vers la société fait de lui aujourd'hui un acteur clé de l'innovation. Le partenariat avec les entreprises est le socle de sa politique de valorisation. Il se décline notamment via plus de 150 structures communes avec des acteurs industriels et par la création d'une centaine de start-up chaque année, témoignant du potentiel économique de ses travaux de recherche. Le CNRS rend accessible les travaux et les données de la recherche ; ce partage du savoir vise différents publics : communautés scientifiques, médias, décideurs, acteurs économiques et grand public.

Académie des technologies

L'Académie des technologies est un établissement public administratif national placé sous la tutelle du ministre chargé de la recherche. Son siège est situé à Paris. Créée en 2000, elle est placée sous la protection du Président de la République depuis 2013. Sa mission est définie par la loi du 18 avril 2006 de la manière suivante : « L'Académie des technologies a pour mission de conduire des réflexions, formuler des propositions et émettre des avis sur les questions relatives aux technologies et à leur interaction avec la société ». L'Académie des technologies examine les questions qui lui sont soumises par les membres du Gouvernement. Elle peut elle-même se saisir de tout thème relevant de ses missions. L'académie réunit 337 académiciens, experts de leur secteur : technologues, ingénieurs et industriels, mais aussi chercheurs, agronomes, architectes, médecins, sociologues, économistes, avec une forte représentation des directeurs de R&D des entreprises industrielles. Héritière du siècle des lumières, sa devise : « Pour un progrès raisonné, choisi et partagé », reflète la profonde conviction que la technologie est source de progrès pour l'ensemble de l'humanité. L'Académie des technologies contribue à la gouvernance des questions technologiques par l'engagement de ses membres au sein d'instances de réflexion et de décision nationales et internationales. Elle assure en particulier le secrétariat général d'EURO-CASE, qui fédère 23 académies européennes (soit 6 000 membres).

Académie nationale de médecine

Depuis 200 ans « L'Académie est spécialement instituée pour répondre aux demandes du gouvernement sur tout ce qui intéresse la santé publique, et principalement sur les épidémies, les maladies, particulières à certains pays, les épizooties, les différents cas de médecine légale, la propagation de la vaccine, l'examen des remèdes nouveaux et des remèdes secrets, tant internes qu'externes, les eaux minérales naturelles ou factices. Elle s'occupera de tous les objets d'étude ou de recherche qui peuvent contribuer au progrès des différentes branches de l'art de guérir. » La compagnie réunit médecins, chirurgiens, biologistes, pharmaciens et vétérinaires reconnus pour leurs travaux scientifiques et pour les responsabilités qu'ils ont assumées dans le domaine de la santé. Depuis sa création, l'Académie a compté onze membres nationaux Lauréat du Prix Nobel. Elle peut aussi s'autosaisir dans les domaines de la santé sur les questions de Santé publique et d'Éthique médicale. Son indépendance et la pertinence de ses rapports et communications lui confèrent une place originale et un rôle important dans le domaine de la santé.

ORGANISATION ET PARTENAIRES

MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE

Raymond Ardaillou, membre de l'Académie nationale de médecine

Bernard Bioulac, membre de l'Académie nationale de médecine

Erick Dufourc, directeur adjoint scientifique INC CNRS

Marie Gaille, directrice adjoint scientifique INSHS CNRS, CoDir. ITMO Santé publique AVIESAN

Anne-Marie Gué, chargée de mission INSIS CNRS

Anne-Christine Hladky, directrice adjoint scientifique INSIS CNRS

Bruno Jarry, membre de l'Académie des technologies

François Képès, membre de l'Académie des technologies

Patrick Ledermann, membre de l'Académie des technologies

Patrick Maestro, membre de l'Académie des technologies

Christian Muchardt, directeur adjoint scientifique INSB CNRS, CoDir. ITMO Génétique, génomique, bioinformatique AVIESAN

Patrick Netter, membre de l'Académie nationale de médecine

Bernard Poulain, directeur adjoint scientifique INSB CNRS, CoDir. ITMO Neurosciences AVIESAN

Yves Rémond, chargé de mission INSIS CNRS, CoDir. ITMO Technologies pour la santé

Anne Siegel, chargée de mission INS2I CNRS

Cécile Sykes, chargée de mission INP CNRS

Jean-Louis Vercher, chargé de mission INSB CNRS

Le service de suivi de la production académique de l'Académie des technologies

Le service de communication de l'Académie nationale de médecine

Les services communication et événement de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) du CNRS

Le service communication de l'Institut des sciences biologiques (INSB) du CNRS

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)

3, rue Michel-Ange 75016 Paris

cnrs.fr

Réalisation et mise en page : INSIS Communication

Impression : CNRS IFSEM secteur de l'imprimé

octobre 2020

