

# Les Mardis de la Sorbonne

## CIO des Enseignements Supérieurs

N°2 – Compte rendu de la conférence du 28 janvier 2025

### *NEUROSCIENCES ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE*

#### **LES INTERVENANTS :**

**Marie-Constance CORSI**, Chercheuse - Inria research scientist - [NERV Lab](#) Institut du Cerveau / Paris Brain Institute (ICM)- CNRS UMR 7225, Inserm U1127, Sorbonne Université, Inria - Paris

**Grete KVEDARAVICIUTE**, Doctorante au sein du laboratoire i3

**Claire SERGENT**, Professeure de Neurosciences Cognitives, Co-directrice du CogSUP Université Paris Cité /CNRS - Integrative Neuroscience and Cognition Center - UMR 8002 Centre Biomédical des Saints-Pères-Paris

**Nicolas TCHITCHEK**, Maître de Conférence – Docteur en biologie - Responsable du Master Artificial Intelligence and Data Analysis (AIDA) - Sorbonne Université - Paris

**Louis SIMON et Guillaume GERVOIS**, Doctorants - Membres de l'association SOphIA - Association des étudiants en intelligence artificielle de Sorbonne Université

#### **CONCEPTION - ANIMATION :**

**Florent AVENEL**, Psychologue de l'Education nationale au CIO des enseignements supérieurs

**Corine VAN TIENHOVEN**, Psychologue de l'Education nationale au CIO des enseignements supérieurs

**Les neurosciences et l'intelligence artificielle** entretiennent des relations étroites et fructueuses, la biologie inspirant les systèmes artificiels qui à leur tour sont utilisés pour modéliser le vivant. Cette synergie, à la fois théorique et pratique, nourrit la compréhension des mécanismes cérébraux et le développement de systèmes intelligents.

Les neurosciences ont inspiré la création de nombreux systèmes d'IA, en particulier dans le domaine des réseaux de neurones. Les chercheurs partent du fonctionnement du cerveau humain pour concevoir des modèles d'apprentissage automatique.

Dès les années 50, avec le perceptron, le chercheur américain **Franck Rosenblatt**, a modélisé la perception visuelle de l'être humain par une séquence mathématique dont les paramètres sont ajustés par un processus d'apprentissage non supervisé, à l'issue duquel le réseau devient capable de différencier deux chiffres après en avoir vu un nombre suffisant. La première machine apprenante vient de voir le jour.

Dans les années 1980, des progrès remarquables sont réalisés grâce aux travaux du chercheur français **Yann Le Cun** avec le "perceptron multicouche" qui ouvre la voie de l'apprentissage profond, "deep learning". Sa particularité repose sur un système de neurones artificiels disposés en couches, reliées entre elles par des liaisons. Chacune des couches reçoit et interprète les informations de la couche précédente. Cet empilement permet d'atteindre des niveaux de complexité très élevés. C'est ici que réside la plus grande spécificité du deep learning : **le réseau de neurones est capable d'apprendre de lui-même.**

Cette approche, qui imite la façon dont les neurones du cerveau se connectent et communiquent entre eux pour traiter l'information, couplée aux progrès considérables dans la capacité des ordinateurs à traiter de grandes quantités de données a permis des avancées majeures en IA, notamment en reconnaissance de la parole, vision par ordinateur, et traitement du langage naturel. On peut y voir une véritable révolution épistémologique où pour la première fois, des modèles informatiques réalisent des tâches jusqu'alors effectuées uniquement par des humains.

Les neurosciences et l'IA font l'objet de nombreuses recherches dans des champs très divers regroupant les mathématiques, l'informatique, la médecine, la biologie, la psychologie cognitive, ou encore la linguistique. Ces recherches sont des modèles de collaborations interdisciplinaires et décloisonnées tant au niveau de l'enseignement que de la recherche.

Ces coopérations pluridisciplinaires ouvrent des perspectives extraordinaires et prometteuses en médecine par exemple dans l'aide au diagnostic ou la rééducation post-AVC avec la neuro-ingénierie.

Devenues omniprésentes, les applications de l'IA dans la médecine ou l'éducation fascinent autant qu'elles inquiètent. Leur développement fulgurant interroge l'humanité dans son ensemble. Son utilisation porte des enjeux sociaux, éthiques et environnementaux de première importance.

Les interactions entre l'intelligence artificielle, les neurosciences, la psychologie et l'ensemble des disciplines scientifiques sont plus actives que jamais. Elles constituent autant d'opportunités pour les étudiants, futurs chercheurs ou futurs ingénieurs dans une démarche résolument transdisciplinaire. Cette rencontre dans le cadre des mardis de la Sorbonne permettra d'illustrer ces interactions à travers différents travaux de recherche présentés par nos intervenants.

Avec le développement fulgurant de ces outils, on ne saurait faire l'économie d'une réflexion éthique plus globale concernant les enjeux sociétaux, politiques, humains ou économiques du déploiement de l'IA. Cette dimension sera bien évidemment présente aujourd'hui, comme elle le sera lors du sommet mondial organisé à Paris les 10 et 11 février prochain.

Dans ce contexte, en tant que professionnels de l'orientation, nous nous interrogerons sur les compétences que les élèves et les étudiants devront développer pour répondre aux besoins futurs des entreprises et quelles en sont les répercussions sur l'évolution des formations et des métiers.

---

**Madame Claire SERGENT, Professeure en Neurosciences Cognitives, Co-directrice du CogSUP Université Paris Cité / Chercheuse au CNRS - Integrative Neuroscience and Cognition Center - UMR 8002. Centre Biomédical des Saints-Pères-Paris.**

Claire Sergent, professeure de Neurosciences Cognitives dans une unité mixte Université Paris Cité/CNRS est actuellement codirectrice du Cogmaster et participe à l'ouverture du nouveau master en sciences cognitives, Cog-SUP.

En tant que chercheuse en neurosciences cognitives, elle s'intéresse aux relations entre sciences cognitives et Intelligence Artificielle.

**La recherche de Mme Sergent porte sur les mécanismes neuronaux de la conscience** en utilisant des protocoles expérimentaux dans lesquels la même stimulation sensorielle (visuelle ou auditive) pourra être rapportée consciemment ou non par la personne. Ces phénomènes sont utilisés pour comprendre ce qui se différencie dans le cerveau lorsque l'information est traitée consciemment et lorsque le cerveau la traite de façon automatique.

Cette activité de recherche se situe principalement dans le champ de la psychologie expérimentale et utilise la neuro-imagerie chez le sujet sain et la modélisation pour comprendre quels sont ses mécanismes de prise de conscience. L'application clinique est d'essayer de comprendre le fonctionnement des patients non communicants (végétatifs ou minimalement conscients).

Les recherches cliniques s'intéressent également au stade précédent, pour des patients dont on ne sait pas s'ils sont conscients de leur environnement. On utilise ce que l'on sait chez le sujet sain, les signatures cérébrales associées à la prise de conscience d'une information, lorsqu'on leur diffuse des stimuli auditifs. On procède ensuite par inférence pour savoir si les patients non communicants prennent conscience de leur environnement ou donnent des signes de reprise de conscience.

Les sciences cognitives sont un regroupement de disciplines qui est presque devenu un domaine. Leur origine est souvent associée à la conférence de Dartmouth, en 1956, où des chercheurs d'horizons très différents (informaticiens, linguistes, neurophysiologistes, psychologues...) se sont rassemblés autour de thèmes communs qu'ils abordaient de manière différente. Ils se sont retrouvés autour d'un projet commun : comprendre, de manière générale, comment l'esprit peut naître de la matière. On entendait alors, par intelligence artificielle, tout processus construit par l'humain qui permet d'effectuer des opérations de type mental (voir, entendre, apprendre, comprendre...).

**Les relations entre l'IA et les neurosciences cognitives**

L'IA peut-elle nous informer sur la manière dont nous fonctionnons et à l'inverse les neurosciences peuvent-elles inspirer l'IA ?

Est-ce que les réseaux de neurones modernes fonctionnent comme nous ?

Claire Sergent met en parallèle les apports conceptuels de l'informatique aux neurosciences cognitives avec une révolution de l'imagination qui a été permise par le développement des automates au 17<sup>ème</sup> siècle. A cette époque, sont créés des automates très perfectionnés qui vont effectuer des mouvements qui donnent l'impression du vivant. Des conceptions mécanistiques du vivant, vont ainsi se développer avec notamment des philosophes comme Descartes.

Les progrès de l'informatique vont permettre de développer des machines avec des activités qui sont similaires à celles des activités mentales. Cela nous amène à imaginer très sérieusement que notre esprit, notre intelligence, l'activité mentale humaine peut avoir un substrat matériel. L'apport de l'IA est d'abord, selon Claire Sergent, cette espèce de tremplin de l'imagination.

Nous avons l'impression que certaines fonctions cognitives, par exemple voir ou entendre, sont particulièrement simples. D'autres activités cognitives paraissent plus complexes, comme gagner aux échecs.

On aurait pu penser que l'informatique, en s'attaquant aux problèmes de la vision, le résoudrait plus facilement que la victoire aux échecs. C'est exactement le contraire qui s'est produit : battre aux échecs le champion du Monde n'a pas été forcément simple, mais c'est venu plus tôt dans l'histoire de l'informatique que la première reconnaissance automatique de visages.

Comprendre, grâce à l'IA, des principes computationnels qui s'appliquent à notre propre fonctionnement : l'exemple de McClelland et de ses collaborateurs, en 1995.

Pourquoi y a-t-il deux grands systèmes de mémorisation dans le cerveau humain, l'hippocampe et le cortex ?

La mémorisation dans les différentes aires du cortex semble se faire de manière assez lente alors que l'on constate une mémorisation très rapide des événements qui sont en train de se produire dans l'hippocampe.

Pour qu'un réseau artificiel apprenne la structure d'un domaine de savoir, par exemple l'organisation du vivant ou plus précisément ce qu'est une plante, ses propriétés, les conditions suivantes sont requises :

- L'apprentissage doit être graduel et mélangé.
- Si les poids synaptiques changent trop rapidement, cela conduit à une interférence catastrophique, tout est perdu.
- L'apprentissage de nouvelles données sans interférence peut avoir lieu si elles sont présentées plusieurs fois et mélangées à de nouvelles présentations du savoir déjà acquis.

Nous avons ainsi besoin de deux systèmes : un système qui apprend lentement une structure et un autre qui va retenir les associations qui ont eu lieu.

Les neurosciences peuvent-elles inspirer l'IA ?

La machine de Turing est la base théorique du fonctionnement des ordinateurs. Turing disait qu'elle était partiellement inspirée de l'introspection humaine : raisonnement séquentiel, c'est-à-dire l'analyse de toutes les étapes du raisonnement. Cette introspection reflète notre mode de fonctionnement conscient, dont la psychologie montre qu'il a de forts aspects séquentiels.

Ce qui est en train de tout révolutionner en IA, ce sont les réseaux de neurones artificiels qui sont directement inspirés des neurosciences.

Les neurones artificiels sont des unités simples qui peuvent prendre différents niveaux d'activité. Des connexions entre ces neurones déterminent la transmission de l'activité d'un neurone vers un autre. Le réseau apprend en changeant les poids des connexions. Ce ne sont pas physiquement des réseaux de neurones artificiels, ils sont simulés par des ordinateurs. Certaines méthodes d'apprentissage s'apparentent à de l'apprentissage par renforcement.

En cas d'erreur, les connexions qui ont mené à cette erreur sont pénalisées. Au contraire les connexions qui se rapprochent de la solution sont pérennisées. C'est de cette façon que le réseau va apprendre. Et que l'on peut parler d'apprentissage par renforcement. Tout cela est directement inspiré des neurosciences et de la psychologie.

Les réseaux de neurones artificiels ne fonctionnent pas vraiment comme nous. Ainsi Chat GPT a été entraîné sur 300 à 500 milliards de mots (plusieurs dizaines de millions de livres). C'est ce qu'un

humain pourrait absorber en 50000 ans. A l'inverse, un bébé est capable de comprendre et généraliser sur la base de très peu d'exemplaires.

Sur cette question des neurones artificiels, on pourra se référer au site internet suivant : <https://www.3blue1brown.com/>

Aujourd'hui les Big Tech ne cherchent pas à s'améliorer en s'inspirant de nos connaissances en sciences cognitives, elles misent plutôt sur la « force brute » : augmentation des capacités de calcul, de la quantité de données sur lesquelles les modèles sont entraînés.

### **Le nouveau master Cog-SUP**

Jusqu'à l'an dernier, il existait un seul master en sciences cognitives sur la place parisienne, entre Paris Cité, l'EHESS et l'ENS.

Ce Cogmaster est en train de se séparer en deux pour la rentrée prochaine : un master géré par l'ENS-PSL avec l'EHESS, qui sera plus axé sciences humaines et le Cog-SUP où Paris Cité s'est associé à Sorbonne Université.

Le Cog-SUP conservera les principes du Cogmaster :

- Interdisciplinarité.
- Enseignement en anglais pour favoriser l'ouverture internationale.
- Six parcours diplômants : psychologie, philosophie, linguistique computationnelle, neurosciences cognitives, neurosciences computationnelles et intelligence artificielle, sciences cognitives et société.
- Socle commun : méthodologie mais aussi enjeux éthiques et, de façon plus générale, enjeux contemporains des sciences cognitives.
- Ouverture disciplinaire : faire travailler ensemble les étudiants issus de ces différentes disciplines.
- Expérience de terrain : stages en M1, stage long d'un semestre en M2.

Les débouchés restent académiques à environ 70% mais les administrations publiques et les collectivités s'intéressent de plus en plus aux approches des sciences cognitives et de la psychologie du comportement. De nouveaux débouchés liés à l'IA apparaissent également.

Le recrutement est très large et lié aux différents parcours : psychologie, philosophie, linguistique, biologie, sciences humaines, médecins, ingénieurs ...

Le taux d'accès est d'environ 15%. Les étudiants retenus ont généralement obtenu au moins une mention bien à leur diplôme.

---

## **Monsieur Nicolas TCHITCHEK, Maître de Conférences à Sorbonne Université, rattaché à l'unité de recherche i3 « Immunologie-Immunopathologie - Immunothérapie » à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière**

Nicolas Tchitchek a une formation interdisciplinaire en informatique, télécommunication et intelligence artificielle. Il est maître de Conférences en Immunologie des Systèmes à Sorbonne Université depuis 2019. Il travaille dans un domaine de recherche qui s'appelle l'immunologie des systèmes et qui est un domaine à l'interface entre les sciences du vivant, particulièrement l'immunologie, et l'IA. Il utilise des outils issus de l'IA pour mieux comprendre le système immunitaire et le vivant.

### **Les données aujourd'hui sont toujours plus accessibles, toujours plus rapides, toujours plus précises...**

Ceci concerne, en particulier, la recherche biomédicale. Plusieurs révolutions se produisent. La première est la révolution des biotechnologies. Si on prend pour exemple le séquençage du génome humain, la première version en 2003 a nécessité dix milliards de dollars d'investissement et la collaboration de dix pays. Ce travail peut être effectué aujourd'hui en dix heures, pour un coût de mille dollars, ceci avec une précision bien plus fine. L'impact est considérable pour la recherche biomédicale, le développement de nouveaux médicaments.

On assiste, en parallèle, à la révolution du numérique avec une augmentation considérable des capacités de calcul. Les progrès sont exponentiels depuis les années 70 et l'apparition des CPU (Central Processing Unit), composants qui traitent les signaux et rendent le calcul possible. Des nouveaux composants (GPU : Graphics Processing Unit) permettent de faire des calculs en parallèle sur les ordinateurs, ce qui est généralement utilisé sur les cartes graphiques. Enfin, aujourd'hui, de nouveaux composants électroniques (TPU : Tensor Processing Unit) sont dédiés au calcul tensoriel qui est une des bases du calcul et des raisonnements utilisés en IA. Nous disposons en plus, aujourd'hui, de bibliothèques de programmation clés en main permettant d'utiliser des outils comme des réseaux de neurones.

La recherche biomédicale moderne nécessite des compétences en programmation, analyse des données et intelligence artificielle. La recherche sur le système immunitaire est particulièrement complexe car il est composé de différentes entités (gènes, cellules...) et qu'il faut aussi intégrer les messages qu'il envoie et différents facteurs environnementaux. Les données recueillies sont beaucoup trop complexes, riches pour être analysées par une équipe de chercheurs et il faut utiliser des techniques issues de l'IA pour classer ces données, découvrir de nouvelles caractéristiques.

La recherche biomédicale moderne nécessite aussi de nouvelles façons de penser la recherche et l'enseignement. L'approche interdisciplinaire fait émerger de nouvelles idées, de nouveaux concepts, ce qui n'aurait pas été possible avec des personnes issues de la même formation. Les nouvelles approches expérimentales sont moins centrées sur la manipulation du vivant mais sur la manipulation du virtuel, des données. Il ne s'agit pas seulement de mettre les données dans un ordinateur. C'est évidemment bien plus compliqué et cela demande des approches itératives, de la méthodologie, de faire des expériences qui ne sont plus de la manipulation du vivant. Les tests analytiques qui suivent la formulation d'hypothèses peuvent conduire à un réajustement des méthodes.

### **C'est quoi l'intelligence artificielle au 21<sup>ème</sup> siècle ?**

L'IA, au sens général du terme, est historiquement un système « intelligent » capable de reproduire les capacités cognitives humaines avec des machines. C'est un système qui a ensuite été capable d'effectuer des tâches en apprenant et en s'améliorant à partir de données. Depuis plusieurs années, et cela a été démocratisé avec en particulier l'IA générative, ont été créés des modèles d'apprentissage profonds où les modèles mathématiques utilisés imitent la manière dont le cerveau humain traite l'information avec ses réseaux de neurones.

Les étudiants en biologie de Sorbonne Université, qui ont souvent peu de compétences en programmation, reçoivent un enseignement leur permettant de réaliser un réseau de neurones

d'apprentissage en langage Python, pour comprendre, modéliser le vivant. La façon dont on crée ces réseaux de neurones est liée aux neurosciences, aux sciences cognitives. Les découvertes faites dans ces domaines viennent alimenter la topologie, aident à la construction de réseaux de neurones qui seront plus fidèles à ce qu'on peut observer dans le cerveau.

### **Le Master AIDA : Artificial Intelligence and Data Analysis**

C'est un nouveau master, la première promotion l'intégrera en septembre 2025. Il vise à former les nouvelles générations de biologistes scientifiques à l'analyse de données biologiques complexes et à la programmation informatique.

Le maître-mot sera l'interdisciplinarité. Il s'agit de sortir les étudiants de leur zone de confort et de les inciter à aller explorer des champs de compétences qu'ils n'imaginaient même pas. Selon Nicolas Tchitchek, l'enseignement disciplinaire est de grande qualité dans l'enseignement supérieur mais il reste des progrès à faire en terme d'interdisciplinarité. Les étudiants seront amenés à travailler sur les liens existant entre les différentes thématiques : immunologie, biologie moléculaire, biologie cellulaire...

L'approche pédagogique valorisera la gestion de projets en équipe et la rédaction de rapports, ce que l'on va retrouver dans l'entreprise mais aussi dans la recherche scientifique. Elle valorisera aussi l'approche par compétences.

L'enseignement se fera via des cours en ligne en autonomie. Ceci pour pouvoir mettre ensuite l'effort pédagogique en présentiel sur la notion de projet, la réalisation des travaux pratiques.

Les langues d'enseignement seront le français et l'anglais. Dans l'idéal, il s'agirait de mélanger les francophones et les anglophones dans les groupes de travail. L'apprentissage de l'anglais est essentiel pour l'étudiant francophone aujourd'hui.

Le master donnera accès à une grande variété de débouchés dans les métiers de la biologie moderne, avec tous les aspects qui sont liés aux sciences des données, à l'augmentation considérable des données biologiques :

- Métiers de la biologie moderne : la biologie moderne évolue rapidement avec l'émergence de nouveaux outils et technologies, notamment dans le séquençage génomique, la biologie computationnelle et la biologie synthétique.
- Data scientists en biologie : avec l'augmentation des données biologiques disponibles, les data scientists jouent un rôle crucial dans l'analyse et l'interprétation de ces données.
- Responsables de la transformation numérique en biologie : ces professionnels assurent l'intégration des technologies numériques dans les entreprises biotech et les laboratoires de recherche.
- Ce programme de master permettra une poursuite en doctorat pour approfondir ses expertises scientifiques.

De nouveaux métiers vont émerger et il s'agit de former les étudiants à cette flexibilité. De plus en plus, ils vont être maîtres de leur destin dans cette capacité à obtenir de nouveaux débouchés.

---

**Madame Grete KVEDARAVICIUTE, Doctorante au sein du laboratoire i3. Etude des interactions entre le microbiome intestinal et le système immunitaire dans les maladies auto-immunes et auto-inflammatoires.**

Grete est lituanienne et après des études au lycée de Vilnius, elle a déménagé en France pour suivre une formation supérieure.

Elle a d'abord suivi un Bachelor of Science à l'école Polytechnique, programme international en anglais. Si elle a jugé les cours excellents et bien structurés, elle les a trouvés trop abstraits et ne correspondant pas à sa façon d'apprendre. Elle a ensuite intégré le master 1 « Biologie et santé » de l'Institut Polytechnique de Paris. C'est son intérêt pour la physiopathologie qui l'a poussée vers la biologie. Elle a appris à connaître les différents domaines de la biologie et a profité de nombreux travaux de laboratoire. Intéressée par les cours d'immunologie dans cette formation, elle a recherché une formation pour approfondir ses connaissances fondamentales dans ce domaine et elle a intégré le master 2 « Biothérapies moléculaires et cellulaires » de l'université Paris Cité.

Elle est actuellement en deuxième année de thèse. Sa thèse, supervisée par Nicolas Tchitchek, porte sur les interactions entre le système immunitaire et le microbiome intestinal dans le contexte des maladies auto-immunes. Ce n'est pas véritablement lié aux neurosciences, même si on a tendance à dire que l'intestin est le deuxième cerveau.

Elle est intéressée par ce sujet car il est multidimensionnel et nécessite des approches intégratives plus intelligentes, comme l'IA.

Selon elle, les méthodes d'enseignement trop abstraites ne sont pas adaptées à tous et l'acquisition de compétences plus appliquées, comme la résolution de problèmes, peut aider les étudiants à mieux acquérir des connaissances. Elle valorise, comme son directeur de thèse, les approches interdisciplinaires de l'enseignement qui peuvent contribuer à préparer des étudiants plus flexibles, capables de suivre l'évolution très rapide de la technologie.

---

**Madame Marie-Constance CORSI, Chercheuse - Inria-Laboratoire NERV- Institut du Cerveau / Paris Brain Institute (ICM)-CNRS UMR 7225, Inserm U1127, Sorbonne Université, Inria-Paris.**

Chercheuse à l'INRIA dans le laboratoire de recherche NERV, associant l'INSERM, le CNRS et l'INRIA ses travaux s'appuient sur les mathématiques et l'informatique. Ses recherches s'effectuent au sein de l'hôpital, spécificité de l'équipe, en lien étroit avec les médecins.

**Son parcours académique :** Au lycée, elle hésitait entre la médecine et la chimie, puis en CPGE son intérêt se porte sur la physique. Après la classe préparatoire, elle intègre l'école d'ingénieur Institut Mines-Télécom Atlantique où elle se dirige vers la physique pure mais toujours dans l'idée d'appliquer ses connaissances dans le domaine de la santé. Elle y développe des compétences en informatique, en traitement du signal, mais également un goût pour le travail en équipe grâce à la gestion de projets. De plus, au sein de l'école, les 40% d'étudiants étrangers permettent une ouverture sur les autres et une adaptation à d'autres cultures.

L'école proposait un tronc commun lors des 2 premières années, en 3<sup>ème</sup> année elle choisit des thématiques en lien avec la santé, dont un DU technologies de l'information et de la communication et santé proposé en partenariat entre l'IMT et l'université Montpellier 2. Dans ce cadre, elle visite des services hospitaliers, notamment les urgences, ce qui lui permet de se confronter à la réalité. L'un

des écueils de l'ingénierie est qu'à un problème donné on propose une solution mais sans parfois véritablement comprendre les besoins associés venant des patients ou du corps médical. Ce DU était ouvert à la fois aux étudiants d'école d'ingénieurs et aux professionnels médicaux et paramédicaux.

Son stage à Grenoble au sein de l'ETI (Etudes Techniques Internationales) lui permet de développer de nouveaux capteurs mesurant le champ magnétique au niveau de l'activité cardiaque et cérébrale. En parallèle de sa thèse, elle suit un Master en neuropsychologie entre 3 sites : Grenoble, Lyon et Toulouse.

## **Comment travailler dans l'ingénierie et les neurosciences ?**

L'interface cerveau machine est un outil qui traduit l'activité cérébrale en commande, pour contrôler ou communiquer.

<https://www.youtube.com/watch?v=BmGiaPG9cnA>

C'est un domaine particulièrement interdisciplinaire, qui est l'essence même de l'interface cerveau-machine. L'intérêt suscité augmente au fil des années avec un accroissement du nombre de publications et s'élargit aux entreprises.

La première étape est d'enregistrer l'activité cérébrale, on peut utiliser des moyens invasifs (électrodes) ou non invasifs (l'IRM fonctionnel ou l'électroencéphalographie).

Ensuite, il faut extraire l'information d'intérêt, c'est-à-dire détecter l'information la plus pertinente qui permettra de faire la classification. Une information qui sera sensible à la réalisation de la tâche par le sujet et qui permettra de suivre les différents états mentaux. Ces caractéristiques s'appuient sur la neurophysiologie.

La classification permet de distinguer les différents états mentaux. Exemple : on demande au sujet d'être soit au repos, soit d'imaginer un mouvement.

Puis, on propose au sujet un retour, ou feedback pour permettre au sujet d'évaluer s'il réalise correctement la tâche.

Ce n'est donc pas de la magie, il s'agit d'utiliser l'information la plus pertinente en se basant sur la neurophysiologie pour établir une communication entre le cerveau et l'ordinateur.

## **Applications cliniques**

### ■ Contrôle :

- Prothèses (Fifer et al, 2014, Carlson & Millan, 2013, LaFleur et al, 2013)

### ■ Communication :

- Verbale & non-verbale (Jin et al, 2012; Hwang et al, 2012; Kashihara, 2014, Naci et al, 2013)

### ■ Traitement de troubles neurologiques :

- Accident vasculaire cérébral (Prasad et al, 2010)
- Lésion de la moelle épinière (King et al, 2013)
- Conscience (Chatelle et al, 2012)
- Troubles psychiatriques (Arns et al, 2017)

Quelques équipes travaillent sur ces sujets :

<https://www.cortico.fr/localisation-geographique-des-equipes/>

Le défi actuel est de trouver des solutions à la différence d'usage inter-sujet. En effet, environ 15 à 30% des utilisateurs ne parviennent pas à contrôler l'outil, même après plusieurs séances d'entraînement. Ce constat ouvre une voie plus centrée sur le fonctionnement du sujet en mettant en exergue les marqueurs neurophysiologiques et les traits cognitifs concernant l'apprentissage.

La question qui reste encore en suspens est la compréhension des mécanismes neuronaux intervenant dans le contrôle de l'outil et l'apprentissage associé.

La plupart des chercheurs s'intéressent à l'activité cérébrale d'un point de vue local mais il faut aussi rechercher les interactions entre les aires cérébrales et donc aboutir à une compréhension du

fonctionnement en réseau. Ces 2 approches sont nécessaires pour comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'apprentissage.

Par exemple lors d'un AVC, des lésions se manifestent et en même temps des modifications des interactions cérébrales compensent les affections. L'outil mathématique, via les métriques, permet de comprendre et suivre les évolutions au cours du temps. Ces données vont permettre d'adapter le processus à chacun des sujets (nombre de sessions, la fréquence...) en prenant mieux en compte les marqueurs singuliers de chaque individu et vont aussi aider les médecins à prendre les décisions les plus adaptées.

Question : lien entre interface cerveau machine et la psychiatrie ? C'est un accompagnement ou un entraînement plutôt qu'un traitement, par exemple on pourrait contrôler l'anxiété en se basant sur l'activité cérébrale.

---

**Monsieur Louis SIMON, Membre de l'association SOPHIA-Association des étudiants en intelligence artificielle de Sorbonne Université. Doctorant en Robotique : « Apprentissage automatique et explicabilité pour l'interaction sociale : Application à la médecine de précision ».**

Après une Licence en électronique et un Master de robotique au sein de Sorbonne Université, il découvre la robotique sociale dans le cadre de ses stages.

Son travail de recherche au sein du laboratoire ISIR (Institut des systèmes intelligents et de robotique) lui permet de collaborer avec une personne qui a une formation en IA et traitement de la parole et un psychiatre autour d'un sujet sur la détection précoce des troubles du neuro-développement.

L'objectif est de développer une plateforme utilisable à domicile sous forme de jouet avec des capteurs, permettant de détecter précocement les troubles de neuro-développement ou moteurs, comme la paralysie cérébrale.

La robotique sociale ou imagerie comportementale :

Le développement des capacités motrices, sociales, cognitives de l'enfant au travers de divers signes (le regard, l'attention, le développement du mouvement...) peut alerter les médecins sur une pathologie. Un outil peut être déployé permettant d'avoir une détection la plus précoce possible.

Suite à la question sur les apports de cette technologie à la remédiation des troubles dys : un exemple de travaux avec des robots est donné, le public étant des enfants de primaire avec des problèmes de graphie. Un enfant refusait de tenir un stylo, le robot reproduit ce que fait l'enfant. Ainsi l'enfant devient l'expert et corrige le robot, une boucle vertueuse se met donc en place. Il est observé à la fois une amélioration de la graphie et de la confiance en soi.

---

**Monsieur Guillaume GERVOIS, Co-président de l'association SOPHIA-Association des étudiants en intelligence artificielle de Sorbonne Université. Doctorant : "Éthique computationnelle : intégrer des comportements éthiques dans les intelligences artificielles".**

Il vient d'un laboratoire d'informatique, LIP6, qui avec l'ISIR constituent les 2 laboratoires de Sorbonne Université qui traitent de l'IA.

Il a réalisé un parcours académique typique pour travailler dans l'intelligence artificielle : Licence mathématiques-informatique, Master MIND (Machine learning, INtelligence artificielle et Données) puis poursuit sa thèse en éthique computationnelle, ce qui le fait entrer dans le domaine transdisciplinaire, liant philosophie morale et IA. Les formations en IA sont très techniques et pas suffisamment transdisciplinaires.

L'éthique computationnelle pose la question de l'éthique dans les processus de décision automatique. C'est un domaine relativement récent, avec quelques articles à partir de 2010.

Ses recherches sont peu techniques, il propose une critique du domaine. La philosophie morale constitue un apport pour mieux saisir les enjeux de l'IA.

L'association SOPhIA a été créée vers 2020 sous l'impulsion d'un chercheur qui travaille sur l'IA et le son. L'association promeut les questions autour de l'IA au vu de ses enjeux éthiques, de ses impacts sociaux et environnementaux.

<https://sciences.sorbonne-universite.fr/associations/sophia-association-etudiante-intelligence-artificielle-de-sorbonne-universite>

<https://www.sorbonne-universite.fr/associations/association-des-etudiants-en-intelligence-artificielle-sophia>

### **L'association SOPhIA : discuter d'IA**

L'association a pour but de promouvoir les discussions et actions autour du sujet de l'Intelligence Artificielle (éthique, impact sociétal & écologique, médiation scientifique...)

Basée à Sorbonne Université, elle est ouverte aux étudiant.es et doctorant.es des trois facultés.

### **Activités de l'association**

**Apprendre**, dans le cadre de conférences autour de l'IA

- IA et Science-Fiction
- IA et musique

**Communiquer**, via la médiation auprès d'un public scolaire et étudiant :

- Animation d'ateliers de robotique
- Interventions sur l'IA dans des résidences du CROUS

**Développer** un sens critique vis-à-vis de l'IA à travers des débats :

- Café Philo
- Rédaction d'un manifeste
- Discussion avec CeSIA (Centre de la Sécurité de l'IA)

### **L'ambition du gouvernement français vis-à-vis de l'IA :**

Les rapports Villani en 2018 et de la commission de l'IA en 2024 : Ce dernier rapport s'oriente vers un déploiement de l'IA assez massif et des moyens de calcul avec des plans d'investissement pour se positionner à l'international. Un plan d'investissement de 10 milliards à court terme devrait se débloquer (à titre comparatif le projet Stargate présenté par D. Trump s'élève à 500 milliards).

En Europe, existe une protection de la propriété intellectuelle et de l'accès aux données personnelles. Cependant le gouvernement français pense casser certaines barrières comme l'ouverture des données médicales ce qui peut poser question. Les bases de données médicales sont privées, détenues par les universités, ce qui peut rendre difficile une généralisation. L'ouverture peut être favorable à la recherche mais ce n'est pas forcément une bonne chose de les rendre accessibles pour entraîner des gros modèles.

Le rapport Villani prônait des mineures IA dans toutes les licences pour introduire une sensibilisation, dans le nouveau rapport il est évoqué de façon récurrente la formation continue.

### **Formation et IA : Et l'éthique ?**

Il est essentiel qu'ils [chercheurs, entrepreneurs et ingénieurs] agissent de manière responsable, en prenant en considération les impacts socio-économiques de leurs activités.

Pour s'en assurer, **il est nécessaire de les sensibiliser, dès le début de leur formation, aux enjeux éthiques liés au développement des technologies numériques.** Aujourd'hui, cet enseignement est quasiment absent des cursus des écoles d'ingénieurs ou des parcours d'informatique des universités, alors même que le volume et la complexité des problématiques

éthiques auxquels ces futurs diplômés seront confrontés ne cessent de croître, au rythme des avancées très rapides de l'IA.

« Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne », Rapport Villani, 2018

Et en 2024 ? Quasiment aucun cursus n'inclut de telle formation ! (Mais il y a quelque exception, e.g., le MVA)

## Formation et IA : quels débouchés ?

Les entreprises typiquement intéressées par le des étudiants sont :

- Des acteurs majeurs du **traitement d'informations** :
  - Industriels (Dassault system, Google, Amazon) ou Publics (BNF, INA, Etalab, Internet memory).
- Les grandes entreprises pour l'**optimisation des chaînes de production** (Renault, L'Oreal, Accenture, Total,...)
- Startups en **fouille de données** : des startups aux licornes (Exalead, BlogSpirit, Dataiku).
- Toutes les entreprises qui veulent valoriser leurs données.

Le parcours ouvre naturellement vers des **postes d'enseignants-chercheurs et de chercheur** à la fois **dans le domaine académique et dans le privé**. Le but est de conserver un taux de poursuite en thèse de l'ordre de 50%.

« Débouchés professionnels », site web du master MIND de Sorbonne Université.

La majeure partie sont des postes d'ingénieurs. Le côté recherche concerne à la fois le domaine académique et le privé (75% des doctorants sont financés par les entreprises). Après la thèse, les débouchés en recherche sont peu financés, le crédit impôt recherche est plus favorable aux débouchés en entreprises.

## Qui fait l'IA aujourd'hui : une enquête sociologique

### L'IA, un outil au service des industries :

Traitement d'informations complexes :

- Aviation militaire (Dassault)
- Profilage client (Youtube, Netflix)
- Modération (réseaux sociaux)
- Optimisation des coûts de productions (toute industrie)
- Extraction d'informations médicales (images, diagnostics)
- ...

Les questionnements éthiques portent moins sur l'outil que ce pourquoi il est / sera utilisé.

### L'IA, un outil idéologique au service des entrepreneurs :

Le cas **d'OpenAI (ChatGPT)**, Silicon Valley et Big Tech en quête d'une amélioration de l'humanité :

- Possédé à 49% par **Microsoft**
- Œuvre dans le but de « créer une IA de niveau humain », qui réglera nos problèmes
- Co-fondé par **Elon Musk et Sam Altman**

**Sam Altman** : un transhumaniste pro fusion homme machine

- Investit pour une interface cerveau machine (NeuraLink d'Elon Musk), dans les biotechs pour augmenter l'espérance de vie, dans le nucléaire
- Client de Nectome : conserver le cerveau après la mort afin d'être numérisé dans le futur

L'outil idéologique mélange deux objectifs. Il s'agit de rassembler **toujours plus d'investissement** et de servir un **projet de société transhumaniste** (pour les riches).

Lire : « Les prophètes de l'IA, pourquoi la Silicon Valley nous vend l'apocalypse », Thibault Prévost

Il ne faut pas sous-estimer l'importance idéologique portée par ces entreprises. Les questions morales sont primordiales. L'approche transdisciplinaire est donc indispensable, qui permet d'avoir une autre approche de l'IA.

Comment parler d'éthique ?

Les cours d'éthique, notamment avec quelques applications, sont intéressants mais il est plus pertinent de présenter directement dans les cours les applications ou modèles avec leurs limites et une évaluation éthique. Il faut un cadre légal, comme une déclaration éthique telle que réalisée actuellement dans la recherche.

Ce compte rendu est rédigé sous la responsabilité des rédacteurs : Karine CHAGNON, Thierry FRESLON  
Psychologues de l'Éducation nationale, CIO Enseignements Supérieurs en Sorbonne