

Les Lundis de la Sorbonne

CIO des Enseignements Supérieurs

N°1 – Compte rendu de la conférence du 22 novembre 2021

NEUROSCIENCES ET NEURODISCIPLINES :

NOMBREUX DÉBOUCHÉS OU « NEUROMYTHE » ?

LES INTERVENANTS :

Brigitte CHAMAK, Docteure en neurosciences, en sociologie et histoire des neurosciences associée au Centre de Recherche Médecine, Sciences, Santé, Santé Mentale, Société et à l'INSERM, CNRS, EHESS, Université de Paris.

Soukaina HAMDIOUI, Doctorante, chercheuse à l'Inserm-Necker et chargée de TD et de CM , Université de Paris.

Mehdi KHAMASSI, Directeur de recherche et des études, co-directeur des études du Master Cogmaster Université de Paris, EHESS et ENS.

Gaëtan de LAVILLEON, Docteur en neurosciences, co-fondateur de COG'X- Agence de conseil et d'études en sciences cognitives.

Ann LOHOF, Professeure des Universités, Responsable du Master Neurosciences parcours Neurosciences cellulaires intégrées, Sorbonne- Université Faculté des Sciences et Ingénierie.

Claire SERGENT, Professeure des universités, co-directrice des études du Master Cogmaster.

CONCEPTION - ANIMATION :

Michèle GELLERT, Psychologue de l'Education nationale au CIO des enseignements supérieurs

Lydie OFFNER-COUTANT, Psychologue de l'Education nationale au CIO des enseignements supérieurs

Laura VEZANT, Psychologue de l'Education nationale au CIO des enseignements supérieurs

Cette conférence, initialement organisée en mars 2020 avait été annulée en raison du premier confinement. Nous remercions très chaleureusement nos invités d'avoir accepté de participer à nouveau.

En 2020, l'idée de la thématique de cette conférence était née d'un triple constat.

Premièrement, en tant que psychologues de l'Éducation nationale, nous avons de plus en plus de demandes concernant les formations en neurosciences qu'elles soient monodisciplinaires ou pluridisciplinaires ainsi que sur leurs débouchés professionnels dans le monde de la recherche fondamentale mais aussi en dehors.

Deuxièmement, nous constatons déjà l'émergence de nouveaux champs d'application des neurosciences à des domaines qui en paraissent à première vue bien éloignés, comme le droit, le marketing, les ressources humaines...

Troisièmement, nous ne comptons plus les dossiers spéciaux, les conférences, les émissions de télévision, les expositions consacrées aux neurosciences et à leurs applications.

Selon nous, ce triple constat reste d'actualité, et en particulier, l'intérêt toujours aussi vif du public pour tout ce qui touche aux recherches et découvertes concernant le cerveau, les neurosciences, les sciences cognitives... En témoignent notamment les récentes « Une » des magazines de vulgarisation scientifique : Sciences et avenir : « les super pouvoirs du cerveau » et les émissions télévisées régulièrement consacrées à cette même thématique comme un récent numéro de « les pouvoirs extraordinaires du corps humain »...

Mais qu'entend-t-on précisément par neurosciences ?

Les représentations que nous avons des recherches en neurosciences concernent le cerveau. Or, les recherches scientifiques des neurosciences concernent tout le système nerveux, c'est-à-dire : le cerveau, la moelle épinière et les nerfs.

On peut rencontrer plusieurs grands domaines disciplinaires au sein des neurosciences :

- Les sciences biologiques des neurosciences : neurosciences moléculaires, la neuroanatomie, la neurophysiologie ou encore la neuropharmacologie pour ne citer que celles-là.
- Les sciences cognitives des neurosciences : par exemple la neurolinguistique, neurosciences comportementales ou encore neurosciences cognitives
- Les sciences médicales de neurosciences : comme la neurologie ou la psychiatrie
- L'ingénierie et la technologie : avec la neuroingénierie et l'imagerie cérébrale.

Ces grands domaines donnent lieu à une grande variété de recherches faisant appel à des femmes et des hommes issus eux-mêmes de différentes disciplines scientifiques.

Des médecins, des biologistes, des pharmacologues, des mathématiciens, ingénieurs, techniciens...

Les découvertes en neurosciences, se sont développées en parallèle des progrès de l'imagerie cérébrale et maintenant grâce à l'évolution de l'intelligence artificielle.

De plus, face à l'espoir qu'elles génèrent dans le dépistage et le traitement des maladies neurovégétatives, les médias vulgarisent et diffusent auprès du grand public les avancées de la recherche suscitant un intérêt de plus en plus prégnant pour le cerveau et son fonctionnement. De ces découvertes naissent aussi l'espoir et parfois le fantasme d'augmenter sans limite les capacités d'apprentissage ou encore les compétences au travail. Mais les interprétations parfois simplifiées, voire erronées des découvertes concernant les neurosciences fascinent autant qu'elles effraient.

Parallèlement à la recherche académique ou clinique, les neurosciences investissent d'autres champs d'application : neuromarketing, neurodroit, neurosciences positives, neuroéducation... les neurosciences sont partout. Assiste-t-on vraiment à « une révolution civilisationnelle » comme le pense Olivier Houdé, professeur de psychologie du développement à l'Université de Paris. Quels

questionnements d'ordre éthique posent ces applications ? Offrent-ils de réels débouchés ou, selon la formulation de certains experts, relèvent-ils de « neuromythes » ?

De façon plus générale, quels liens entretiennent les neurosciences avec les sciences cognitives ? Quelles formations ouvrent sur ces différents terrains d'application et pour quels profils d'étudiants ? Quels sont les débouchés possibles des neurosciences et des sciences cognitives dans et en dehors de la recherche ?

Ann LOHOF, Professeure des Universités, Responsable du Master Neurosciences parcours Neurosciences cellulaires intégrées, Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie.

Comment aborder les études en neurosciences ?

Les neurosciences couvrent un vaste domaine et soulèvent de nombreuses questions. Comment réfléchit-on ? Que se passe-t-il dans notre cerveau quand on réfléchit à une action future ? Comment fonctionne le cerveau pour nous permettre de marcher ? Tous ces processus de cognition relèvent du cerveau et donc des neurosciences. Lorsque l'on observe l'intérieur du cerveau, on remarque des régions spécifiques à différentes fonctions comme par exemple l'aire de Broca pour susciter du langage et l'aire de Wernicke pour le décoder. Situé dans une autre région du cortex cérébral, le cortex moteur, où le schéma corporel est intégré, permet d'envoyer directement la commande pour bouger telle ou telle partie du corps.

Différentes zones du cerveau sont connectées entre elles. Les neurones sont connectés à d'autres régions et forment un énorme réseau de neurones, communiquant entre eux et générant des fonctions cognitives, motrices ou sensorielles.

Sous les connexions existe une grande variété de neurones de différents types. On ne peut pas parler des neurones sans se référer aux dessins de S. Ramon Calaj réalisés il y a une centaine d'années.

Parmi la multiplicité de neurones, évoquons le neurone type.

Un neurone type est composé d'un corps cellulaire, de dendrites (site de réception des informations) et d'un axone. C'est dans le segment initial de l'axone que va naître un signal électrique, qui sera transmis tout au long de l'axone, jusqu'aux terminaisons axonales, pour faire passer un message jusqu'au neurone suivant.

On peut stimuler ou « écouter » un neurone, écouter son activité électrique, avec des micro-électrodes d'enregistrement. On les écoute quand ils parlent en séquence de potentiel d'action : les « Spike ».

On peut également activer artificiellement un neurone. Cette activation permet de comprendre comment l'information est propagée et transmise au niveau de la moelle épinière pour commander la contraction d'un muscle.

Les neurosciences en France.

En France, c'est particulièrement à l'hôpital de la Salpêtrière, à Paris, que les neurosciences entrent dans l'histoire. Avant que la psychiatrie n'existe réellement, les malades étaient enfermés et attachés. Pinel a œuvré pour l'abolition de ces entraves et orienté la médecine vers des traitements plus humains.

Plus tard, Claude Bernard, qui était physiologiste, a défini les bases du fonctionnement des neurones et du système neuromusculaire. Il a montré comment le système nerveux fonctionne et communique avec le système musculaire.

Jean-Martin Charcot a œuvré à la formation d'une génération de neurologues pour aborder de manière plus « physique » les dysfonctionnements du cerveau, au lieu d'enfermer simplement des personnes qui souffraient de difficultés neurologiques ou psychiatriques.

Pourquoi les neurosciences sont-elles intéressantes ?

On peut aborder cette question par :

- **Des enjeux sociétaux, de santé publique** liés à différentes maladies du cerveau. Si le coût de la maladie d'Alzheimer est élevé pour la société, on peut dire qu'il l'est autant émotionnellement et psychiquement pour beaucoup de familles. Il en va de même pour la maladie de Parkinson qui touche 1% de la société chez les personnes de plus de 55 ans. La maladie de Huntington est plus rare, mais coûte aussi, tout comme les AVC ou les scléroses en plaques qui touchent des jeunes gens qui doivent apprendre à vivre avec cette maladie.
- **Des enjeux purement scientifiques et de curiosité** ; comment fonctionne le monde ? Comment le cerveau se met en place pendant le développement ? Quels sont les impacts sur le comportement, la cognition ? L'interface cerveau-machine semble être une piste très importante.

Comment étudier les neurosciences ?

Dès le lycée, donner une orientation scientifique à son bac est indispensable pour acquérir des pré-requis pour réussir à l'université. L'option sciences de la vie est à privilégier. Dans toutes les universités, il existe des licences de Sciences de la vie, dans lesquelles il va y avoir de la physiologie, des neurosciences ainsi que de la biologie moléculaire et cellulaire, de la génétique... et toute une série de domaines importants pour réussir en neurosciences. En général, en complément du tronc commun aux sciences de la vie, les étudiants peuvent choisir des unités d'enseignement dans des domaines spécifiques aux neurosciences. Ainsi, ils peuvent vérifier leur intérêt pour cette discipline et poursuivre dans cette voie.

Les neurosciences à Sorbonne- Université : Pour étudier les neurosciences, il faut intégrer le master 1 Biologie Intégrative et Physiologie (BIP) et choisir le parcours neurosciences en M2. Au sein de ce parcours, les partenariats internationaux sont privilégiés pour multiplier les contacts avec des chercheurs et des universités d'autres pays. On observe ainsi d'autres méthodes dans différents laboratoires de recherche et les connaissances scientifiques sont renforcées pour la suite de son parcours. Cette réflexion scientifique est réellement au cœur du métier en neurosciences.

Mais rien qu'à Paris, sur le campus Jussieu, co-habitent plusieurs unités de recherche en neurosciences.

Le Master Neurosciences parcours Neurosciences cellulaires intégrées, Sorbonne Université Sciences

La formation s'étend sur deux années au sein du Master : Biologie Intégrative et Physiologie (BIP)

Le premier semestre du M1, est constitué d'un tronc commun au sein duquel les étudiants peuvent commencer à se spécialiser. Une unité d'enseignement de neurosciences se déroule en Anglais. Elle s'adresse à des étudiants qui savent déjà qu'ils veulent étudier les neurosciences qu'ils peuvent compléter par un atelier technologique et des modules complémentaires en neurosciences pour ceux qui veulent se spécialiser dans ce domaine.

Mais ce premier semestre du master BIP est aussi ouvert aux étudiants intéressés par la physiologie et qui ne savent pas encore quelle voie emprunter : physiopathologie humaine, la nutrition...

Il y a des UE fondamentales :

- Biologie et physiologie moléculaire cellulaire
- Insertion professionnelle et orientation
- Biostatistiques et anglais

Ces enseignements sont indispensables pour continuer au second semestre puis en deuxième année.

Au deuxième semestre, les TP sont obligatoires pour étudier des techniques majoritairement présentes dans les neurosciences ; neurophysiologie, vieillissement cérébral ou encore de l'informatique (python) pour les étudiants souhaitant faire de la modélisation.

Les stages sont obligatoires et d'une durée de 2 mois. S'ils se déroulent à l'étranger ils se poursuivent durant l'été. Ils sont alors d'une durée de 4 mois en laboratoire.

En deuxième année, les étudiants accueillis sont d'origine diverses :

- Des étudiants qui ont fait le M1
- Des internes en médecine qui souhaitent progresser et découvrir des sciences autres que la médecine afin de croiser les apports théoriques et en faire des médecins plus complets.
- Certains étudiants viennent aussi d'un parcours médecine-sciences, ce sont des étudiants de médecine sélectionnés pour faire des sciences en plus de leurs études.
- Des étudiants d'écoles d'ingénieurs ainsi que des étudiants venant de M1 ou M2 d'autres domaines et qui veulent se réorienter. Il faut alors qu'ils aient les prérequis pour rejoindre la formation.

L'année de M2

Le premier semestre est théorique et **le deuxième semestre est constitué de 100% de recherche en laboratoire**. C'est le moment où l'apprenti-chercheur se forme, crée et décide de rester ou non dans ce domaine.

Il apprend à mener un projet, le développer, analyser ses propres données, prendre des décisions avec son encadrant pour devenir un scientifique. C'est vraiment à ce moment-là que la personne décide de son identité scientifique.

Au premier semestre une UE, « *conception d'un projet de recherche* » permet à l'étudiant de s'approprier son sujet de stage, en interaction avec son futur encadrant, en allant au laboratoire, en lisant... Il présentera son travail préliminaire à un expert du même domaine, exerçant dans un autre laboratoire, qui validera ou non la faisabilité du projet.

Un bloc constitué de 18 autres ECTS et 3 UE, réparti sur deux semaines, donnent des connaissances approfondies sur le développement du Système nerveux, les réseaux neuronaux et la manière dont ils peuvent être évalués et modélisés

Les parcours en M2

- Les neurosciences cellulaires et intégrées (NCI)
- Les neurosciences cognitives et comportementales (NCC) Pitié psychiatrie
- Les sciences de la vision adossées à l'Institut des Sciences de la Vision.
- Neurobiologie des maladies psychiatriques

- Maladies neurovégétatives (iMIND) adossées à l'ICM avec une forte composante internationale.

Certains parcours sont enseignés entièrement en anglais. Des étudiants étrangers peuvent ainsi s'inscrire dans la formation

Les débouchés :

- **Insertion professionnelle à 30 mois des étudiants de la promotion de 2017:**
- Sur les 66 répondants au sondage, 37 sont en doctorat et d'autres font une formation complémentaire pour travailler comme assistant en recherche clinique.
- 75% des répondants sont en emploi, 23% poursuivent leurs études, ou font une année sabbatique ou un stage
- 2% cherchent du travail.

Parmi ceux qui travaillent, la plupart sont à un niveau cadre (**57**) et travaillent à temps plein et les domaines d'activités des emplois sont très variés.

Comment ont-ils trouvé un emploi ?

Pour beaucoup, il fait suite à un stage, concours, candidatures spontanées, réponses à une offre d'emploi ou encore par le réseau de relations

La satisfaction de l'emploi

Le salaire et la perspective d'évolution de l'emploi sont les moins bons même si globalement les étudiants sont satisfaits de leur situation professionnelle

Questions de la salle :

- *Parmi les secteurs de recherche, où sont les plus gros budgets ?*

Les retombées purement financières concernent les maladies neurologiques. Plusieurs associations financent sur des fonds privés la recherche pour lutter contre la maladie d'Alzheimer. Les financements avec objectif médical marchent mieux que des financements où « *l'on souhaite juste comprendre le cerveau pour le comprendre* ». Les maladies neurodégénératives, psychiatriques et autres bénéficient de davantage de financement car ce sont des recherches qui ont une retombée pour la société.

- *Pour toutes ces maladies est ce qu'il y a un espoir ?*

Oui... Pour la maladie de Parkinson, plusieurs traitements sont mis en place ; la stimulation cérébrale profonde, des ajustements de différents types de médicaments, avec des recherches qui permettent de comprendre comment différentes zones du cerveau travaillent ensemble. Ainsi savoir où viser cette stimulation profonde semble très prometteur.

- *D'où viennent les étudiants de M1 ?*

Un grand nombre possède une licence en Sciences biologiques de SU ou d'autres universités avec des licences similaires. En M1, il est assez rare d'avoir des profils différents. Si les personnes veulent se réorienter ou viennent d'écoles, ils le font principalement en M2. La diversité est donc plus grande en M2.

- *Un étudiant qui vient de psychologie, qui aurait une licence ou un master en psychologie peut-il être accepté dans ce master ?*

Cette question revient souvent car beaucoup d'étudiants en psycho sont fascinés par les neurosciences. Mais il est recommandé à un étudiant de psychologie de se rapprocher des responsables de formation de licence. En général, on leur conseillera de passer par une L3 de neurosciences ou de science biologiques.

Gaëtan de LAVILLEON, Docteur en neurosciences, co-fondateur de COG'X-Agence de conseil et d'études en sciences cognitives.

Titulaire d'un bac scientifique et d'une licence de biologie, il intègre un master 1 BIP. En M2, il se spécialise en neurosciences cognitives et comportementales. De manière exceptionnelle, il est autorisé par le corps enseignant à réaliser son stage de M2 à Montréal. Il y étudie les neurosciences cellulaires avant d'entreprendre une thèse en neurosciences intégratives. Il dit avoir fait des « sauts de puces » entre différentes thématiques, et si selon lui, « *ce n'est pas l'idéal* », il affirme également que « *c'est possible même si les enseignants ne le recommandent pas* ».

Il commence sa thèse à Jussieu avant de la poursuivre à l'ESPCI. Il travaille sur les interfaces cerveau-machine et leur utilisation chez l'animal en utilisant une approche plutôt technologique. Son sujet de thèse « *vise à comprendre les mécanismes de consolidation de la mémoire pendant le sommeil* ».

« *On enregistre les activités de neurones chez la souris, à état de veille, puis pendant le sommeil afin de voir comment les souvenirs qui avaient été créés, les informations acquises pendant l'éveil pouvaient être consolidés, manipulés pendant le sommeil* ».

A la fin de sa thèse, naît l'envie d'appliquer ses travaux dans la société et moins pour la communauté scientifique ou le secteur médical. Il se renseigne alors sur les possibilités d'emploi en dehors de la recherche. Le chercheur, qu'il est devenu, se cherche et explore différentes pistes dans le secteur industriel, notamment du côté d'une startup qui avait créé un casque pour améliorer le sommeil ou d'autres concernant l'interface cerveau-machine... il est contacté par une étudiante de l'ENS qui désire relancer l'association « Cog Inov » dont l'objectif était de faire des ponts entre sciences cognitives et société. Très vite, un groupe de travail d'une vingtaine d'étudiants en master, doctorat et post doc se retrouve tous les dimanches, avec la même question : « *qu'est-ce que l'on peut faire avec les sciences cognitives* » ? Un autre collectif qui s'appelle « city » s'interroge : « *Comment créer les villes de demain en prenant en compte les enjeux fondamentaux du fonctionnement du cerveau et les comportements humains ? Comment aider les politiques urbaines, les architectes, les urbanistes à tenir compte de ces éléments ?* »

Pendant à peu près un an, avec leur double casquette de chercheur en milieu associatif, ils vont voir des entreprises, d'autres chercheurs pour discuter et se constituer un métier et voir comment, à partir des connaissances du cerveau et du comportement humain il s'avérait possible d'organiser du conseil aux organisations.

En 2018, il co-fonde l'agence COG X (3 personnes). Cette structure accompagne les organisations et leurs salariés, ainsi que des agents de la Fonction publique, à préserver leur vie cognitive et sociale. Aujourd'hui cette agence est composée de 8 personnes, tous docteurs, issus des neurosciences et de la psychologie cognitive. Les managers l'interrogent sur la charge mentale des salariés. En effet, face à une explosion d'informations au travail et l'usage de plus en plus important des outils numériques, cette charge mentale augmente et la porosité entre vie professionnelle et vie personnelle devient de plus en plus ténue.

COG X accompagne les organisations et les entreprises dans deux types d'actions :

➤ Des actions de formation

Ils ont une action de formation auprès des salariés et des managers pour les aider à prendre en compte les limites et les fonctionnements de leur cerveau, de leur comportement, afin d'améliorer leurs méthodes de travail. Il s'avère nécessaire de leur expliquer le fonctionnement des mécanismes intentionnels et, à partir de là, d'amener à une prise de conscience des risques que représentent l'usage permanent de ces canaux numériques et leur impact sur la concentration. Il s'agit également d'apprendre à repérer ses besoins physiologiques de récupération, l'importance des pauses, pour parvenir à réagencer les rythmes de travail, repérer les mécanismes de discriminations, comprendre ses émotions et arriver à les réguler. Les connaissances scientifiques vont donner du sens aux changements comportementaux. Si on comprend pourquoi mon cerveau, mon organisme fonctionne de telle manière et quelles sont ses limites on sera plus à même de réorganiser sa journée et mettre en place des actions précises.

Mais l'écueil de ce métier-là, c'est cette espèce de neuro-mania à laquelle on se heurte. Tout le monde veut des neurosciences, veut parler des neurosciences, veut qu'on leur parle de neurosciences, de dopamine, de neuromiroirs... Cog X va donc devoir travailler avec ces croyances, ces neuromythes qui circulent autour des neurosciences (le cerveau gauche, le cerveau droit, les différents styles d'apprentissage...) pour pouvoir les modifier.

Une autre difficulté est culturelle. La sur-responsabilisation des individus ôte la responsabilité de l'organisation. On en trouve un bel exemple avec la méditation : si un salarié a un problème de concentration on va lui dire d'aller méditer pour se recentrer. Le problème de la concentration n'est ainsi qu'imputable au salarié et les managers n'ont plus à s'interroger sur leur propre fonctionnement et celui de l'entreprise.

➤ Le métier de conseil et d'études

Essayer de faire de la recherche dans les entreprises : « *essayer car on n'y arrive pas aussi bien qu'on le voudrait*, explique Gaëtan de Lavilléon, *mais on va essayer d'apporter des données et de la rigueur dans la façon dont les organisations font penser leur organisation et leur transformation* ». Il nous dit avoir été *frappé* en s'éloignant de la recherche académique de la faible culture scientifique du monde du travail, notamment autour de la culture d'impact. Les acteurs de Cog X vont évaluer les changements et les transformations sur les salariés, lors d'un déménagement et comment celui-ci va impacter la production d'une entreprise. « (...) *la méthode scientifique va nous aider à accompagner une entreprise ou une collectivité dans un déménagement. On va construire de nouveaux plateaux de travail, plus ouverts, flexibles et collaboratifs, on va y mettre un groupe de 15 salariés et on va laisser les autres dans leur espace. Pendant 3 mois on va évaluer un certain nombre de critères sur le groupe qui est resté et celui qui est parti. On va évaluer l'impact sur les salariés de la semaine de 4 jours, pendant plusieurs mois sur leur anxiété, sur leur niveau de contrôle sur leur vie etc...* »

C'est un enjeu pour lequel des générations de scientifiques vont réfléchir : comment l'environnement dans lequel se trouvent des individus va jouer sur leur bien-être ?

Questions de la salle :

➤ *Comment se sont passées vos études à Montréal ?*

Le réseau que l'on se constitue durant les stages est cruciale pour son orientation et cela au-delà des cours. La thèse a été fortement conditionnée par le laboratoire de Master. Sur place on lui propose de poursuivre en thèse, ce qu'il refuse.

Quel type de clients ?

Cog'X travaille pour des grands groupes comme Orange mais aimerait toucher les PME/PMI. Il intervient aussi auprès de la fonction publique territoriale. Aujourd'hui, un foisonnement d'activités

concerne les sciences cognitives et la transition écologique. On s'interroge sur la façon d'aider les collectivités, les entreprises, les individus pour permettre cette transition en tenant compte du fonctionnement humain et à la prise de décisions.

➤ *Travaillez-vous avec l'Education nationale ?*

Très peu avec les lycéens et les collégiens, même si cela leur arrive, par exemple avec de la recherche action pour préparer à la première année de médecine.

Le champ de l'apprentissage est un des plus grand champs d'application des neurosciences. Mais globalement il y a plein d'applications dans les neurosciences aujourd'hui.

**Claire SERGENT, Professeure et co-directrice des études du Master Cogmaster
Mehdi KHAMASSI, Directeur de recherche, directeur des études et co-directeur
des études du Master Cogmaster, Université de Paris, EHESS et ENS.**

Le master de sciences cognitives Cogmaster est actuellement codirigé par Claire Sergent, Mehdi Khamassi et Franck Ramus. Il est affilié à l'ENS, l'EHESS et Université de Paris.

Les sciences cognitives sont une multi-discipline puisque que ce sont un ensemble de sciences se regroupant autour d'un objet commun : la compréhension des processus mentaux, que ce soit chez l'animal ou chez l'Homme. Elles visent aussi à comprendre des mécanismes permettant de créer des machines, dont les processus miment les processus mentaux, cognitifs, et computationnels. Cela recoupe donc plusieurs disciplines et le terme « neuro » correspond seulement à l'une des six branches nécessaires pour atteindre cette compréhension globale du phénomène mental. Ces différentes disciplines, elles-mêmes parfois éclatées, sont principalement : la psychologie, la linguistique, la philosophie, les sciences sociales (l'anthropologie notamment), la modélisation et la robotique et enfin les neurosciences.

Mehdi Khamassi est plutôt expert en modélisation tandis que Claire Sergent s'est davantage formée en biologie et se tourne maintenant de plus en plus vers la psychologie expérimentale et la neurochirurgie humaine.

Le dialogue entre ces différentes disciplines est extrêmement fertile et fonctionne pour le plus grand bonheur des codirecteurs car ce dialogue entre les différentes sciences n'est pas seulement un vœu pieu mais une réelle nécessité afin d'éviter d'être rapidement limité en suivant une seule voie.

Les enseignants chercheurs du master Cogmaster sont nombreux à avoir des profils a minima bi-disciplinaire. Ainsi Mehdi Khamassi a, d'une part, suivi une formation d'ingénieur spécialisé en modélisation dans laquelle il concevait des modèles mathématiques du traitement de l'information du cerveau en espérant mieux comprendre le fonctionnement du cerveau et, d'un point de vue plus psychologique, les comportements. D'autre part, lors de sa thèse, il a aussi procédé à des enregistrements neurophysiologiques chez le rat. La pensée et son support matériel, le cerveau, ne s'abordent pas d'une seule façon. Ces profils de chercheurs entre plusieurs disciplines apportent, pour un même objet : un point de vue, un langage et des méthodes différents.

La frise chronologique de la diapositive 12 montre que les sciences cognitives, en tant que champs de recherche, sont encore plus jeunes que les neurosciences, lesquelles n'existent finalement que depuis un siècle. Les années 40 sont marquées par un tournant de la cybernétique avec l'invention des ordinateurs et l'idée que des machines vont pouvoir traiter de l'information et résoudre des problèmes cognitifs résolus par les humains eux-mêmes. Puis, à partir des années 60, on parle de révolution cognitive, autour de deux personnes ; principalement Jerry Fodor, psychologue au MIT (Massachusetts Institute of Technology) et le linguiste Noam Chomsky. Grâce à eux, se développe l'idée selon laquelle le cerveau est peut-être un système qui traite de l'information sur le monde. Le

cerveau construit, par apprentissage, fait émerger des représentations des stimuli qui nous entourent et, peut-être même à des niveaux complexes, des types de sociétés, des organisations sociales. Ensuite seulement, l'être humain agit et s'adapte. A chaque fois, les différentes disciplines interviennent à différents moments. Dans le milieu des années 80, le connexionisme se développe en tant qu'approche de modélisation: il s'agit de modéliser le cerveau sous forme de neurones correspondant en fait à des fonctions mathématiques connectées entre elles pour traiter l'information. L'imagerie cérébrale (fMRI) n'intervient que dans les années 90 et aide ce champ de recherches à faire un bond.

Nous voyons à travers la frise chronologie pourquoi nous assistons actuellement à l'explosion des « neurotrucs », car nous disposons maintenant d'outils pour comprendre les processus cérébraux et comment ils sont reliés au fonctionnement d'un organe biologique voire d'un organe « siliconique ». Toutes ces techniques d'enregistrement neuronal, donc plutôt cellulaire, datent des années 50 avec les amplis qui ont permis d'enregistrer un neurone et l'imagerie cérébrale. Un changement de perspective a été permis par l'avènement des ordinateurs qui nous a amené à réfléchir au fonctionnement mental de manière plus concrète. L'exemple d'une machine qui fait des opérations cognitives permet de franchir une étape de plus vers une naturalisation de l'esprit. Celle-ci peut faire peur par certains côtés, notamment à travers l'impression d'être enfermé dans une machine alors qu'elle est en fait très fructueuse car si nous comprenons les contraintes matérielles s'appliquant au développement de notre pensée, nous nous comprenons mieux. Bien- sûr, il ne faut pas évacuer les explications de niveau psychologique, anthropologique etc... C'est ce que les sciences cognitives tentent réellement de faire. Mais il ne faut pas non plus adhérer à cette peur selon laquelle cette entreprise enferme l'humain car c'est exactement le contraire.

Le Master Cogmaster

Le Cogmaster forme bien sûr à la recherche, dans les différentes disciplines des sciences cognitives. Ainsi, le débouché principal est le doctorat. Même s'il manque les chiffres des dernières années, plus de la moitié des étudiants du Cogmaster font une thèse ensuite. Le Cogmaster a été créé en 1989 ou 1990 notamment à l'initiative de Michel Humbert, une personnalité importante pour les neurosciences. Dans les 15 premières années, de 1990 à 2004, un quart des étudiants du cogmaster ont obtenu des postes académiques. Actuellement, nous ne sommes certainement pas dans les mêmes proportions car le nombre de postes a fortement diminué tandis que les candidats sont bien plus nombreux. Cependant, un certains nombres d'étudiants se dirigent vers une carrière universitaire dans différentes disciplines, en gardant toujours cette approche pluridisciplinaire et cet enrichissement interdisciplinaire.

Mais le Cogmaster offre aussi de nombreux débouchés hors université, dans l'industrie, pour travailler sur des questions d'ergonomie, de facteur humain, de ressources humaines. Certaines personnes vont faire de la publicité, même si Medhi Kamassi trouve très dommage d'utiliser les connaissances sur le fonctionnement de notre cerveau pour nous influencer encore davantage.

De plus en plus de personnes diplômées du Cogmaster créent leur propre startup. Certains cofondateurs et collègues de Gaëtan DE LAVILLEON ont fait par exemple le Cogmaster. La période est vraiment marquée par un foisonnement d'idées grâce à des personnes qui s'emparent de questions sociétales comme la transition écologique, les conditions de travail, l'apprentissage mais il y a aussi des applications dans d'autres champs : neurotechnologies, biotechnologies, edutech.

Certaines personnes, dans le cadre de leurs recherches, de leur thèse, utilisent le jeu vidéo comme un outil à la fois d'expérimentation et de test pour essayer d'améliorer les compétences sur une fonction cognitive particulière et il existe donc des débouchés dans le domaine du jeu vidéo et du logiciel.

Comme la formation intègre des profils ingénieurs, il existe des débouchés en intelligence artificielle, en data science. D'ailleurs, beaucoup des doctorants en sciences cognitives font de manière importante de l'analyse statistique des données, utile dans de nombreux champs, que ce soit dans le milieu académique ou industriel.

Il existe aussi des débouchés en éducation-formation, en politique publique. Par exemple, une Direction interministérielle de la transformation publique (DITP) a été créée il y a quelques années dans le but d'améliorer certains processus dans les administrations et de plus en plus de personnes de cette direction viennent du Cogmaster. L'année dernière, deux stages cogmaster ont eu lieu à la DITP avec l'idée d'élaborer, à l'image de ce qu'indiquait Gaëtan DE LAVILLEON, des groupes contrôles et une démarche rigoureuse pour réussir les transformations et prendre en compte les découvertes en psychologie.

Enfin, certains anciens étudiants font du conseil.

D'où viennent les étudiants du Cogmaster?

A l'image de cette discipline, la formation Cogmaster accueille des personnes provenant des licences de toutes les disciplines pertinentes pour les sciences cognitives. Elle compte donc des linguistes, des psychologues, des étudiants venant de la biologie et des neurosciences, de la philosophie, des sciences sociales et des médecins mais surtout en M2.

Cela signifie aussi que l'équipe enseignante regroupe des experts de toutes ces disciplines. C'est aussi pourquoi il est important que le Cogmaster soit une coaccreditation de plusieurs universités regroupant des enseignants chercheurs capables d'analyser les dossiers venant de toutes ces disciplines et de mettre ensemble ces personnes pour qu'elles parviennent à dialoguer.

L'objectif n'est donc pas de transformer ces étudiants en des personnes capables de papillonner d'une discipline à l'autre mais de renforcer leurs fondamentaux disciplinaires ou de les aider dans une transition vers une autre discipline ; qu'ils aient une identité forte avec une maîtrise d'un certain champ disciplinaire tout en étant capable de dialoguer avec leurs collègues dans les autres disciplines. Par exemple, dans son métier de chercheuse, Mme Sergent maîtrise les outils des neurosciences cognitives mais elle est aussi en mesure de dialoguer avec M. Khamassi lorsqu'elle s'intéresse à la modélisation d'un processus cognitif. C'est aussi l'objectif recherché chez les étudiants.

La sélection en Cogmaster

S'il est possible de venir de différentes disciplines pour entrer dans le cogmaster, la formation dispose de peu de places même si c'est en progression. Le nombre de candidats augmente d'année en année. C'est même impressionnant et sans doute en relation avec l'expansion des neurosciences et des sciences cognitives dans nos sociétés. Cette année le Cogmaster a reçu plus de 500 demandes en M1 alors que 50 candidatures seulement ont pu être retenues. Les premiers dossiers refusés avaient des dossiers excellents, avec des mentions « Très Bien ». L'équipe enseignante le regrette mais Mme Sergent pense que c'est aussi une évolution naturelle et souhaite que cela permettra à la formation de prendre plus d'ampleur.

Mme Sergent sélectionne les candidats qui viennent des filières en biologie, neurosciences et Médecine. Le dossier de candidature est assez classique et contient les notes qui correspondent au premier critère de sélection. Il faut au moins une mention bien à la licence pour être retenu. Le deuxième aspect très important est la lettre de motivation. Les lettres de motivation « bateau » sont vite écartées. Lorsqu'un responsable examine 200 candidatures, il ressent très vite pourquoi un candidat est intéressé par la compréhension des sciences cognitives. Les objectifs peuvent être très différents d'un candidat à l'autre : une personne de la famille victime d'un AVC entraînant une sorte de déclic vers un facteur physique sur l'activité mentale, des danseuses professionnelles percevant l'influence de leur activité mentale sur leur capacité à maintenir des postures... Peu importe mais les candidats racontent une histoire. L'un des critères de sélection est aussi la démonstration d'une certaine curiosité pour le champ d'études, à travers par exemple la lecture de livres ou la participation à des conférences. C'est un critère clef. Les stages sont un élément central du CV (sauf dernièrement puisque la plupart n'ont pas pu faire de stage en raison de l'épidémie de COVID). Un autre aspect important est le niveau d'anglais, car la formation est cent pour cent en anglais maintenant. L'anglais contribue à la fois à attirer des étudiants étrangers mais aussi à aider les étudiants à s'exprimer en

anglais afin d'éviter, comme auparavant, de rencontrer des difficultés en arrivant en thèse. Lorsqu'il s'agit de se rendre à une conférence internationale et de parler de son travail ou de lire des articles scientifiques ; la maîtrise de l'anglais est nécessaire.

M Khamassi s'occupe du recrutement de la filière modélisation. Comme lui-même, certains étudiants viennent d'écoles d'ingénieurs. Tandis que d'autres sont issus des licences de mathématiques, physique, informatique. Les médecins, souvent des psychiatres ou des neurologues, arrivent en M2 et ont souvent terminé une thèse avant de faire leur internat ou alors ils la font en même temps. De nombreux candidats sont issus d'une bi-licence, par exemple : philosophie-mathématiques à la Sorbonne, biologie-philosophie. Lorsqu'il s'agit de deux licences en sciences cognitives, cela signifie que ce sont des étudiants qui ont déjà commencé un dialogue pluridisciplinaire sur des questions liées à la cognition. C'est très utile pour le Cogmaster.

Sans qu'il y ait à proprement parlé de quotas dans les différentes filières du master Cogmaster, ils émergent tout de même des proportions d'étudiants postulant dans les différentes filières. Ces étudiants sont intégrés au prorata du nombre de demandes dans les différentes filières. Dans la filière neurosciences par exemple, dix étudiants entrent chaque année en M1. Certaines filières ont grossi ces dernières années, en particulier celle des sciences sociales. C'est aussi un effet d'offres et de demandes : davantage de collègues issus de ces disciplines ont pu ouvrir un peu plus le Cogmaster.

Enfin, le Cogmaster offre une nouvelle filière : l'ingénierie cognitive accessible aux non ingénieurs et caractérisée par une orientation beaucoup plus applicative, destinée à des étudiants qui vont faire un stage en entreprise ou dans une administration autour d'une véritable question scientifique cependant. L'an dernier a été marqué par exemple par des stages à la DITP mais aussi en lien avec à la région Bretagne et une question associée à la transition écologique avec un groupe contrôle et une démarche scientifique.

Candidature : Dossier en ligne jusqu'au 30 Avril, entretien courant Mai et décision fin Mai.

Partenariat avec HEC

HEC propose un cours d'initiation aux sciences cognitives. Bryan Hill y enseigne et s'intéresse aux sciences de la décision. Il y a davantage un lien avec la neuroéconomie qu'avec le neuromarketing qui est plus appliqué, avec l'idée d'avoir des arguments « neuro » pour vendre des produits ou des services. Le neuromarketing pose d'ailleurs des questions éthiques abordées dans le powerpoint. En revanche, la neuroéconomie englobe l'idée selon laquelle l'économie s'appuie sur des questionnements théoriques initiaux, autour de la prise de décision, et développe des outils à travers notamment les notions d'espérance mathématique et d'utilité pertinentes pour cadrer les expériences en psychologie dans lesquels se pose par exemple la question : à utilité égale, que choisissons-nous ? Ce champ de la neuroéconomie a d'ailleurs contribué à montrer que les êtres humains n'agissent généralement pas comme des agents économiques rationnels en toutes circonstances. Certains étudiants font ensuite leur thèse en neurosciences cognitives ou sciences cognitives. Il n'existe plus vraiment de partenariat avec HEC mais l'équipe du Cogmaster essaye de câler le calendrier des admissions sur le calendrier des vœux d'HEC pour que les étudiants les plus motivés de l'école de commerce puissent candidater sur la session anticipée. Chaque année, trois ou quatre étudiants de M1 et peut-être aussi en M2 sont issus d'HEC.

Les applications des sciences cognitives en droit ?

Mme Sergent ne connaît pas vraiment de thèse portant sur le neurodroit mais elle voit très bien en quoi les applications des sciences cognitives en droit pourraient se développer. Il existe des études sur la pertinence d'utiliser des témoignages lors d'un procès. Cela pose une question concrète testable en laboratoire : sous le coup d'une émotion, quelles sont nos capacités à enregistrer une information, par exemple un visage. Des cas de procès célèbres dans lesquels la victime reconnaît formellement son agresseur entraînent souvent la condamnation de l'accusé puisque la reconnaissance visuelle constitue une preuve forte contre ce dernier. Les sciences cognitives qui peuvent faire des expérimentations dans ce genre de situation, c'est-à-dire, sur la mémorisation d'un

visage dans des conditions émotionnelles, vont montrer les risques que cette personne ait des faux souvenirs ou se trompe. Cet exemple nous montre à quel point connaître les processus cognitifs est pertinent dans de nombreux domaines et notamment juridique. Par ailleurs, de grandes questions se posent comme celle de la responsabilité, au cœur de beaucoup d'interrogations en sciences cognitives : qu'est-ce que la volonté ? A quel point sommes-nous en maîtrise de nos décisions, de nos actions etc. ? Ainsi, à la fois d'un point de vue assez concret, rapide et d'un point de vue plus profond de la compréhension de la maîtrise des humains sur leurs décisions, Mme Sergent pense qu'il y aura des évolutions naturelles du droit avec l'évolution de nos connaissances dans ces domaines. Enfin, pour M. Khamassi, des collaborations commencent à émerger entre neurosciences et droit ou psychologie cognitive et droit. Lui-même collabore avec un professeur de droit à Sorbonne -Université et sur des questions d'interfaces numériques avec lesquelles nous interagissons de plus en plus dans notre quotidien. Comme le design est fait pour capter l'attention, quand pouvons-nous parler de manipulation ? Ce sont des questions que les juristes peuvent analyser à la lumière de nos connaissances : « dans quels cas nous sortons d'une délibération et avons du mal à quitter une activité par exemple sur les réseaux sociaux ». A l'inverse, il faut aussi avoir conscience que les neurosciences sont un peu en position en ce moment de toute puissance. Il existe de nombreux neuromythes et donc un risque. Il convient d'apporter des précautions plus que l'inverse, en cherchant à vendre et à aller trop vite. Un exemple a été à l'origine d'une grande polémique en Inde où l'imagerie cérébrale a été utilisée comme détecteur de mensonges. Là, le rôle du scientifique est de dire qu'il convient de faire attention et de réaliser de nombreuses statistiques avant de faire des interprétations pouvant amener à condamner quelqu'un.

Par ailleurs, dans le champ d'application de l'éducation, le conseil scientifique de l'Education nationale, mis en place il y a quelques années, fait intervenir plusieurs personnes des sciences cognitives. Cela a fait débat puisque, même si les sciences de l'éducation font partie des sciences cognitives, pour certains il n'est finalement pas évident que les sciences cognitives occupent une place privilégiée dans l'éducation par rapport aux sciences de l'éducation, à la sociologie ou à d'autres disciplines également liées à l'éducation. Cependant les sciences cognitives peuvent apporter leur éclairage et des groupes de travail sont constitués avec des échanges directs avec des enseignants du secondaire pour par exemple développer le raisonnement scientifique, l'esprit critique, ce qui est très important. D'ailleurs, Franck Ramus, l'un des codirecteur du Cogmaster, siège au conseil scientifique de l'Education nationale.

Pour répondre à une question de la salle concernant l'application des neurosciences aux apprentissages, à la réussite scolaire et en particulier à la réussite aux examens, les textes d'Emmanuel Sander sont recommandés. Il enseigne dans le cadre du Cogmaster, à Paris VIII et à Genève et a écrit un chapitre intitulé "psychologie enjeux pour l'Education" dans l'ouvrage de M Khamassi s'intitulant "neurosciences cognitives". Il y évoque les stratégies d'apprentissage et le problème des écrans. Emmanuel Sander a aussi écrit des ouvrages entièrement consacrés à l'éducation. Stanislas Dehaene et son livre "Apprendre" est une autre référence conseillée. Les vidéo-conférences de Stanislas Dehaene au Collège de France sont consultables gratuitement. Elles abordent les thématiques suivantes: comment bien mémoriser, réviser, étaler les révisions dans le temps pour consolider les apprentissages.

Enfin, au sein d'Université de paris, un parcours de licence sciences cognitives en trois semestres vient d'être créé. En L2, les étudiants qui commencent ce parcours abordent les connaissances sur la mémoire et peuvent les appliquer à leur propre méthode de travail.

Brigitte CHAMAK, Docteure en neurosciences, Docteure en sociologie et histoire des neurosciences, associée au Centre de Recherche Médecine, Sciences, Santé, Santé Mentale, Société et à l'INSERM, CNRS, EHESS, Université de Paris.

Enjeux éthiques des neurosciences : L'exemple du neuromarketing

L'intervention de Brigitte Chamak est assez différente des précédentes puisqu'elle est assez critique. En effet, analyser toutes les composantes de la société à l'aune des neurosciences pose des problèmes.

Mme Chamak a fait une thèse en neurosciences au Collège de France dans le laboratoire du professeur Glowinski qui a introduit en France la neuropharmacologie et dont le laboratoire était très important. Elle a travaillé pendant plusieurs années sur le développement du système nerveux central, le rôle d'autres cellules que les neurones, les interactions entre neurones glies, neurones macrophages cérébraux et le rôle des macrophages cérébraux dans le développement du système nerveux. Ainsi, au départ, Mme Chamak a une formation de biologiste et de neuroscientifique mais dans les années 90, elle a souhaité commencer une autre formation en histoire et sociologie des sciences car elle constatait une grande différence entre les chercheurs en sciences cognitives qui commençaient à en parler et les neurosciences telles qu'elles étaient pratiquées. Derrière ce constat, il existe de gros enjeux disciplinaires avec des disciplines qui ont plus de poids que d'autres dans les sciences cognitives. Par la suite, elle a arrêté de travailler en biologie pour se consacrer à l'histoire et à la sociologie des sciences cognitives et à la comparaison entre la France et les Etats-Unis. Pour ceux qui souhaiteraient approfondir l'histoire des neurosciences et des sciences cognitives, Mme Chamak conseille la lecture de « Neurosciences et société » dont les références figurent dans le powerpoint.

Les enjeux éthiques des neurosciences et l'exemple du neuromarketing

L'engouement pour les neurosciences date des années 90 et énormément de financement et de chercheurs ont contribué à l'expansion de ce domaine.

Dans les années 2000, avec le développement de l'imagerie cérébrale, se sont multipliées les études cherchant à mettre en évidence les bases neurales des fonctions cognitives et des comportements sociaux. Ainsi ont été recherchés les corrélats neuronaux de la méditation bouddhiste, de l'amour romantique, de la haine, ou des pratiques de vote (Panese et al., SociologieS, 2016). Les neurosciences participent à constituer un « sujet cérébral », c'est-à-dire un individu qui définit son identité par le fonctionnement de son cerveau (Ehrenberg, Esprit, 2004).

Les applications des neuro-technologies soulèvent de multiples enjeux éthiques qui concernent aussi bien les banques de données et les implants cérébraux, que les usages prédictifs et diagnostiques de la neuroimagerie.

Elles renvoient également à la commercialisation et aux conflits d'intérêts de certaines de ces applications. Aux États-Unis, des services de neuroimagerie sont parfois vendus directement aux consommateurs sans consultation médicale.

Dans le domaine judiciaire, dans celui de l'éducation mais aussi dans celui du marketing et de l'économie, elles suscitent des débats au sein même du milieu des neuroscientifiques.

L'idée que la connaissance du fonctionnement du cerveau serait primordiale à la compréhension de la nature humaine se généralise et sert de support à un discours philosophique naturaliste qui valorise un régime de production des savoirs qualifié de tournant neuro avec la prolifération des disciplines hybride déjà mentionnée par les autres intervenants: neurophilosophie, neuroéconomie, neuromarketing, neuro-éthique, neuroéducation, neurodroit...

Pourtant, des neuroscientifiques eux-mêmes ont souligné les limites des techniques d'imagerie cérébrale. L'article de Bennet paru en 2009 évoque par exemple une expérience où l'imagerie cérébrale permet de détecter l'activation de neurones alors même qu'il s'agissait de saumons morts. (Bennett, Social Cognitive and Affective Neuroscience, 2009).

Ainsi, les contrôles sont excessivement importants pour éviter les biais d'interprétation.

Les études en imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf) sont difficiles à concevoir, exécuter et interpréter. Une image obtenue en IRMf est d'abord une mesure, l'enregistrement d'un signal qui suppose plusieurs postulats et des règles de définition et d'enregistrements précises. Un même schéma d'activation observé dans deux situations différentes peut avoir une signification fonctionnelle différente, d'où les difficultés d'interprétation.

Loi Bioéthique :

Selon la loi de bioéthique du 7 juillet 2011, art.45, « les techniques d'imagerie cérébrale ne peuvent être employées qu'à des fins médicales ou de recherche scientifiques, ou dans le cadre d'expertises judiciaires ».

Le positionnement du neuromarketing et des neurosciences au service des publicitaires soulève inmanquablement des questions éthiques relatives aux finalités et aux moyens utilisés.

Le neuromarketing :

Mme Chamak a choisi l'exemple du neuromarketing pour comprendre :

- Comment les références aux neurosciences pouvaient servir à la commercialisation de produits
- Comment la neuro-imagerie était utilisée dans le but d'anticiper les réponses des consommateurs aux produits, emballages et publicités
- Et surtout, quelle conception de l'être humain est véhiculée

La genèse du neuromarketing

La fusion entre neurosciences et marketing a débuté lorsque Gerald Zaltman (chercheur en marketing) a proposé, à la fin des années 1990, que l'imagerie cérébrale soit utilisée dans le domaine du marketing et qu'une entreprise de marketing d'Atlanta, BrightHouse, a ouvert une division de neuromarketing en 2001.

Gerald Zaltman et Stephen Kosslyn (psychologue, chercheur en sciences cognitives) ont déposé un brevet "Neuroimaging as a marketing tool" en 1998 et l'ont obtenu en août 2000. Ce brevet consistait juste à utiliser la neuro imagerie comme un outil marketing.

BrightHouse et Neurosense: les premières entreprises spécialisée en neuro marketing

En 2001, BrightHouse a créé un institut, the BrightHouse Institute for Thought Sciences, dirigé par un chercheur spécialiste des addictions, Clinton Kilts de l'université privée Emory (Atlanta).

Une entreprise britannique (basée à Oxford), Neurosense, créé en 1999, utilise l'imagerie cérébrale et les tests comportementaux pour fournir à ses clients, selon le site Internet de l'entreprise, « des informations sur les pensées et les comportements des consommateurs ».

Neuromarketing: définition

Le neuromarketing a été défini comme l'application des méthodes de laboratoire des neurosciences aux questions du monde de la publicité.

La neuro-imagerie est utilisée pour vérifier si une publicité, une communication ou un produit suscite une certaine réponse mentale comme l'émotion, la préférence ou la mémoire, ou pour prédire les conséquences d'un stimulus sur un comportement futur tel que la consommation ou l'achat.

Pour Hubert et Kenning (*Journal of Consumer Behaviour*, 2008), le neuromarketing est un sous-domaine de la neuroéconomie.

Neuroéconomie

La neuroéconomie est définie comme l'application des méthodes neuroscientifiques à l'analyse et la compréhension des comportements économiques pertinents.

Neuromarketing et neuroéconomie tentent de répondre à des questions similaires qui ont trait à la confiance, aux choix des consommateurs, à l'étude du comportement de négociation, et à la prise de décision

Pour Lee et al. (*International Journal of Psychophysiology* 2007), le neuromarketing tente d'évaluer les préférences, d'explorer les réactions à la publicité et d'appréhender comment le consommateur fait des choix. Il essaie plus largement, comme la neuroéconomie, d'analyser et d'interpréter les comportements humains en relation avec le marché.

Il s'agit de comprendre comment les individus prennent des décisions et comment les influencer.

Etudes sur les préférences

Une première étude, très médiatisée, conduite par Read Montague (neuroscientifique, Houston) a comparé coca-cola et peps et a identifié deux systèmes séparés impliqués dans le processus de préférence (réponse au goût, réponse à la marque). Quand les jugements étaient basés uniquement sur la perception sensorielle, l'activité relative dans le cortex préfrontal médian permettait d'anticiper les préférences des individus. Mais la connaissance de la marque biaisait la préférence et impliquait deux autres régions cérébrales, l'hippocampe et le cortex préfrontal dorso-latéral. Nous savions déjà que la publicité a un effet mais là, l'expérience précise les zones cérébrales activées ou en tout cas visualisées en IRM.

McClure et al. (2004) Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks. *Neuron* 44, 379-387.

Autre exemple

En 2002, des chercheurs du centre Daimler Chrysler ont trouvé que l'imagerie cérébrale fonctionnelle était un bon moyen pour mieux comprendre la façon dont les hommes réagissaient à la vue d'une voiture et l'attractivité qu'elle exerçait sur eux. Davantage d'activation a été trouvée dans le striatum ventral, le cortex orbitofrontal, et les régions antéro-cingulaires et occipitales pour les voitures de sport, par rapport aux autres catégories de voitures, indiquant une activation supérieure dans les zones impliquées dans le « système de récompense » dopaminergique (Erk et al. (2002) Cultural objects modulate reward circuitry. *NeuroReport* 13, 2499-2503).

Mais une autre recherche parue en 2007 montre que le prix affiché change un peu la position du consommateur. Lorsqu'un produit attrayant pour le consommateur apparaît sur l'écran, une région du cerveau subcortical s'active: le noyau accumbens (associé à l'anticipation du plaisir). Quand le prix affiché du produit est excessif, une autre zone s'active: l'insula (identifiée comme étant impliquée dans la sensation de douleur). Le cortex préfrontal lié habituellement au processus de choix est inhibé lorsque le prix est trop élevé (*Knutson B. et al. (2007) Neural predictors of purchases. Neuron* 53 (1), 147-156). Or, il n'y a pas forcément besoin d'utiliser l'imagerie cérébrale pour anticiper ces conclusions.

L'imagerie cérébrale comme révélateur de causes cachées des comportements d'achat (*Schneider T. & Woolgar S. (2012) Technologies of ironic revelation: enacting consumers in neuromarkets. Consumption, Markets and Culture*, 15 (2), 169-189).

L'imagerie cérébrale est utilisée pour identifier les zones cérébrales activées en fonction de tâches spécifiques effectuées par le sujet par exemple en relation avec la perception de la couleur, de la forme ou de l'odeur d'un produit.

Dans le cas de l'IRMf, l'augmentation de l'activité cérébrale est déduite des changements de flux sanguin dans des régions spécifiques du cerveau.

Les experts en neuromarketing prétendent offrir une manière fiable d'accéder à l'efficacité de la publicité basée sur des preuves neurologiques objectives alors même que les difficultés d'interprétations des images produites sont considérables.

Buy-ology (Martin Lindstrom)

Tanja Schneider et Steeve Woolgar (2012) ont analysé les arguments développés dans les textes produits par les chercheurs en neuro-marketing qui décrivent les consommateurs comme non fiables pour connaître leurs propres préférences alors que l'imagerie cérébrale serait mieux à même de révéler les causes cachées des comportements d'achat.

Les consommateurs sont décrits comme des entités ayant un accès limité à leur inconscient alors que les experts en marketing seraient équipés pour « ouvrir une fenêtre sur l'esprit humain » grâce à l'imagerie cérébrale (Lindstrom M., 2008, *Buy-ology. How everything we believe about why we buy is wrong*).

Ouvrir la « boîte noire » ?

Fugate (2007, *Journal of consumer marketing*) considère que le neuromarketing va éliminer l'incertitude en recherche marketing et ouvrir la « boîte noire » du comportement des consommateurs.

Hubert et Kenning (2008, *Journal of Consumer Behaviour*) estiment également que les neurosciences vont permettre une vision plus directe dans la « boîte noire » de l'organisme et une mesure plus objective des réponses des individus aux stimuli commerciaux. Ils précisent, cependant, que les méthodes neuroscientifiques sont encore très imprécises et qu'étudier les activations cérébrales ne conduit pas nécessairement à la compréhension du fonctionnement cérébral.

La rhétorique de la promesse

Hubert et Kenning (2008) espèrent que cette nouvelle approche va permettre d'accéder à de nouvelles connaissances sur les processus inconscients et automatiques qui influencent le comportement humain.

Ariely et Berns (2010, *Nature Reviews Neuroscience*) ont tenté de distinguer entre les espoirs légitimes et l'effet de mode du neuromarketing. Comme dans les autres articles, ces auteurs considèrent que les individus ne sont pas fiables lorsque qu'on leur demande d'exprimer leurs préférences alors que leurs cerveaux contiennent des informations cachées permettant de connaître leurs véritables préférences. Ils estiment que la neuro-imagerie sera bientôt capable de révéler ces informations cachées. Pourtant, en 2021, la neuro-imagerie ne donne toujours pas accès aux informations cachées.

Interrogations

Les recherches dans ce domaine fournissent-elles de réelles informations ou confirment-elles seulement ce qui est déjà connu en l'illustrant par des images ?

Et dans ce cas comment expliquer les investissements financiers si importants des grandes compagnies pour faire appel à ces agences ?

Participent-elles à diminuer la sphère privée et à influencer les achats, comme le font les outils informatiques qui, par la multiplication des cartes de fidélité, donnent de plus en plus d'informations sur les acheteurs ?

Le constat que des sommes considérables sont actuellement consacrées à des recherches en neuromarketing nous incite à analyser les objectifs et les conséquences de ce domaine qui tend à disqualifier les autres techniques (enquêtes, sondages, questionnaires, entretiens, focus group) pour imposer leur approche et surtout leur conception réductionniste du consommateur et, plus largement, de l'être humain.

Critiques et questions éthiques

Le neuromarketing a été critiqué comme étant l'application des techniques de neuroimagerie à la vente de produits (Editorial, 2004, *Lancet Neurology*) et des interrogations éthiques ont été formulées concernant l'application de ces techniques dans le but de trouver le « bouton d'achat dans le cerveau » (Editorial, 2004, *Nature Neuroscience*).

Commercial Alert, un groupe à but non lucratif, a soulevé la question de l'utilisation des équipements d'université (appareils d'imagerie) qui coûtent très chers, pour faire des recherches dont les objectifs sont commerciaux. Critique sociologique

Critiques sociologiques

Les sociologues, Monneau et Lebaron (2011) considèrent que le neuromarketing, comme la neuroéconomie, utilisent l'imagerie cérébrale pour remettre en question les fondements de la théorie de l'action rationnelle des agents économiques et définir les choix des êtres humains comme essentiellement guidés par leurs émotions (Monneau E., Lebaron F., « L'émergence de la neuroéconomie : genèse et structure d'un sous-champ disciplinaire », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, n°25, 2011, p. 203-238).

Neuromarketing et libre arbitre

Wilson et al. (2008) ont également posé la question du libre arbitre en explorant l'impact des découvertes et méthodes en neurosciences sur les pratiques de marketing dans leur relation à l'exercice du libre arbitre individuel (*Wilson et al. (2008) Neuromarketing and consumer free will. The Journal of Consumer Affairs*, 42 (3), 389-410). Nous pourrions dire la même chose de l'intelligence artificielle et des algorithmes qui orientent les préférences et les choix.

Autres critiques

Deux chercheurs (Didier Courbet & Benoit Denis, *Neurosciences au service de la communication commerciale : manipulation et éthique. Une critique du neuromarketing, Études de communication 1/ 2013 (n° 40), 27-42.*) considèrent que les chercheurs en neuro marketing Utilisent des métaphores et des analogies neurobiologiques pour traduire ce que les spécialistes du comportement du consommateur connaissent déjà. Ils définissent quatre mythes associés au neuromarketing:

- Le mythe des « nouvelles technologies médicales »
- Le mythe de « la blouse blanche »
- Le mythe lié à « l'extraordinaire potentiel du cerveau »
- Le mythe de « la lecture directe des pensées dans le cerveau »

L'IRM n'est pas une « photo » mais une reconstruction graphique à partir de mesures d'activités neuronales. L'interprétation des images repose en grande partie sur des modèles ou concepts issus de la psychologie cognitive. Or ces derniers font l'objet de discussions.

Pour Tiberghien, l'IRM ne permet pas d'interroger directement le cerveau. Il ne met en évidence que des corrélations (Tiberghien G. 2007) *Entre neurosciences et neurophilosophie: la psychologie cognitive et les sciences cognitives. Psychologie Française 52 (3), 279-297*. Les sciences cognitives sont à la fois un champ scientifique, un enjeu épistémologique et un lieu de confrontation entre plusieurs disciplines académiques.

Pour certains, la psychologie cognitive pourrait se fondre dans la neuroscience cognitive dont les techniques d'imagerie cérébrale permettraient, à terme, de dépasser le problème du dualisme cerveau-esprit.

Pour d'autres, un tel pari épistémologique ne peut être tenu qu'en réduisant la cognition à ses états et processus élémentaires.

Neurosepticisme

Dans son ouvrage *Neurosepticisme*, le philosophe Denis Forest (2014) pose la question de la confiance que nous pouvons placer dans les sciences du cerveau d'aujourd'hui. Il critique la personnification du cerveau par certains neuroscientifiques qui accordent aux parties des attributs qui ne s'appliquent logiquement qu'à la personne dans son entier.

Brain tech françaises

Mme Chamak voulait citer le nom de certaines brain tech françaises pour illustrer les applications des neurosciences aujourd'hui:

SBT Human(s) Matter créée en 2000 se présente comme une entreprise de design cognitif

HappyNeuron s'oriente vers l'entraînement cérébral

myBrain Technologies développe de la relaxation assistée

NextMind propose des capteurs cérébraux et des interfaces cerveau-machine surtout pour l'industrie vidéoludique (jeux vidéo)

Open Mind Innovation propose des formations de « gestion des émotions ». Sur son site nous pouvons lire: « Grâce aux neurosciences, l'objectif est désormais un développement humain ciblé, plus précis, gage de bien-être et de performance durable. »

Dreaminzzz propose de l'autohypnose avec un masque connecté

Datakalab est une start-up spécialisée dans l'analyse de l'image, le neuromarketing, et propose de décrypter les émotions

Braini développe un logiciel de pilotage de drones par la pensée

L'engouement actuel pour tout ce qui est « neuro » fait penser à celui pour la génétique. Plus une discipline a du succès plus elle va disposer de financements. En génétique, il y a eu énormément de financements et de nombreux chercheurs ont été formés en génétique et toutes les composantes de la société étaient vues en terme de génétique mais maintenant c'est terminé. Pour les neurosciences, c'est un peu la même chose, les financements pour les recherches à la fois américaines et européennes sont considérables et le nombre de chercheurs formés à ce domaine va être multiplié. Il devient impossible de parler de quoi que ce soit sans parler du cerveau. Par exemple, France Inter fait

très souvent appel à un neuroscientifique pour parler du cerveau, quel que soit le sujet de l'émission alors que l'apport des neurosciences n'est pas révolutionnaire. Au sujet de la maladie de Parkinson par exemple, ce qui est dit actuellement en s'appuyant sur l'imagerie était déjà connu auparavant. Les stimulations profondes sont récentes mais cette technique n'est pas valable pour tout le monde et a des effets secondaires importants souvent non présentés (addictions). La rhétorique de la promesse revient sans arrêt avec les neurosciences et cela attire beaucoup d'étudiants et beaucoup d'autres gens. Cependant, pour Mme Chamak, tout analyser en termes de neuroscience et en termes de cerveau, pose vraiment des problèmes énormes, notamment dans le domaine de l'autisme qu'elle étudie depuis des années.

Les références scientifiques et les ouvrages de Mme Chamak consacrés à l'histoire et aux enjeux éthiques des neurosciences sont précisés dans le powerpoint créé pour la conférence.

Soukaina HAMDIOUI, Doctorante, chercheuse à l'Inserm-Necker et Chargée de TD et de CM à Université de Paris.

Madame Soukaina Hamdioui est actuellement en dernière année de thèse, elle travaille sur le site de Necker, affiliée à l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale), et parallèlement à cela, elle est aussi enseignante à Université de Paris. Dans sa présentation, Madame Hamdioui va nous parler brièvement de son parcours, du profil des étudiants de l'Université de Paris, des débouchés de la recherche clinique appliquée et de la neuropsychologie.

Madame Hamdioui est aujourd'hui neuropsychologue, après avoir été psychomotricienne à la suite d'un bac S physique chimie. Après son parcours en psychomotricité, elle s'est orientée en neuropsychologie, pour avoir le titre de neuropsychologue avant de faire un parcours complètement axé sur la recherche. Elle a ensuite entamé une thèse de recherche clinique appliquée sur le phénotypage neurodéveloppemental, notamment du haut potentiel, et des troubles neurodéveloppementaux. Le phénotypage est l'investigation de plusieurs fonctions cognitives pour pouvoir établir un diagnostic le plus précis possible, ou mieux comprendre un profil, par exemple ici, celui du haut potentiel.

A L'Université de Paris, Madame Hamdioui est chargée de Travaux Dirigés en Licence pour le parcours de recherche scientifique en psychologie expérimentale. Mais elle est aussi chargée de Cours Magistraux pour les Masters dans les matières portent sur l'examen clinique, neuropsychologique et leur lien avec la recherche clinique appliquée. Aujourd'hui, dans les profils de ses étudiants, elle trouve quelques étudiants en réorientation ou ayant bénéficié d'une passerelle tels que : des orthophonistes, des psychomotriciens, des psychologues, notamment de psychologie cognitive, et dans le parcours recherche, on trouve des médecins, principalement des neurologues et des psychiatres.

Pour ce qui est de la question des débouchés, Madame Hamdioui a une double casquette : celle de la clinique et celle de la recherche. Du côté de la clinique, il existe des opportunités pour pratiquer en tant que clinicien, soit dans des institutions, dans des services hospitaliers, notamment de pédopsychiatrie ou de neurochirurgie essentiellement à Necker. Du côté de la recherche on pourra devenir en tant que chercheur, enseignants-chercheurs à l'université ou encore intégrer des start-ups, comme on a pu le voir précédemment avec Monsieur de Lavilleon.

Les débouchés semblent donc assez variés, mais restent essentiellement axés sur la neuropsychologie avec une application clinique, et dans ce champ-là, ça va être essentiellement la démarche diagnostique. C'est-à-dire principalement l'entretien clinique et la passation des tests, qui

est enrichissante car elle permet d'avoir de la matière un peu standardisée et brute, qui va être étayée par l'observation clinique et cette expertise de la clinique de la neuropsychologie, qui va rencontrer le domaine des neurosciences.

Question : Vous nous dites que beaucoup de professionnels se réorientaient, mais est-ce que c'est la majorité des étudiants, ou il y a quand même des étudiants qui sont en parcours initial ?

Selon Madame Hamdioui, ce n'est pas la majorité, c'est souvent trois places pour la réorientation ou pour la formation continue. Il faut savoir que les neuropsychologues ont plus de chance d'être acceptés s'ils viennent d'un parcours de psychologie cognitive. Cependant, il faut noter que la sélection est très rude entre la L3 et le M1, il y a environ 15/20 places, et cela se complique encore plus si on veut se spécialiser, par exemple en pédiatrie ou en neurochirurgie, car il n'y a que 15 places, et peu d'Universités proposent cette spécialisation. L'université de Grenoble, l'université d'Angers, l'Université de Paris et l'université de Saint Denis vont offrir cette possibilité de se spécialiser uniquement dans le secteur de l'enfance et donc avoir plus d'expertise en pédiatrie.

Question : Quel est le niveau d'exigence pour ces parcours ?

A la connaissance de Madame Hamdioui, le niveau d'exigence est assez élevé, et s'appuie essentiellement sur les notes, minimum mention BIEN. Quelques dossiers avec une mention AB peuvent être acceptés si le CV se distingue des autres candidatures, notamment avec plusieurs stages cohérents. La lettre de motivation est très importante, et va former un peu le cœur de la candidature, c'est-à-dire que les lettres un peu « obsolètes » ne vont pas être privilégiées. Selon Madame Hamdioui, les lettres « obsolètes » sont celles qui vont présenter la motivation des étudiants comme venant par exemple d'une expérience familiale. Pour elle, la lettre de motivation doit vraiment être fondée sur une réflexion scientifique, mais surtout orientée clinique, afin d'intégrer ce parcours de neuropsychologie. Mais pour intégrer une thèse en neuropsychologie la démarche est différente. Pour celle-ci un peu de clinique est demandée, mais l'accent est surtout mis sur la qualité de la démarche scientifique, la maîtrise de certains logiciels (notamment statistique, tel que R), et être spécialisé dans un domaine autre, comme « l'eye tracking », ou l'IRM fonctionnel, ainsi que des DU en Neurosciences, ou des stages dans des services de neurochirurgie.

Question : Quelles sont les qualités pour devenir chercheur clinicien ?

La qualité principale, selon Madame Hamdioui, pour être dans la recherche, en particulier dans la recherche en clinique appliquée, va être un titre de clinicien, avec une orientation recherche, c'est à dire des bonnes notes en statistiques, en sciences, en sciences cognitives, en neurosciences. Un autre point très important est celui des stages en laboratoire de recherche. Si on n'a pas de stage en laboratoire de recherche en amont, on a moins de chances d'être accepté en recherche. Sinon avoir un master 2 de recherche, en plus du master 2 de psychologue clinicien, permet de faire une thèse.

Question : Quelles ont été les motivations de Madame Hamdioui pour commencer la recherche ?

Madame Hamdioui n'avait pas envie de s'arrêter, pour elle un bac+5 était trop court et ne lui permettait pas d'aller au bout de ses envies, de ses connaissances académiques. De plus, elle voulait absolument travailler sur le phénotypage et le domaine des troubles neurodéveloppementaux qui l'intéressaient particulièrement. Elle avait un projet de thèse en tête depuis longtemps.

Madame Hamdioui est lauréate de la fondation de France pour les recherches et la maladie civilisation, ainsi que lauréate de la fondation initiative autisme pour la précision de son projet de thèse qui révélait des questionnements qui se fondent sur un groupe clinique, mais aussi sur la compréhension du Haut Potentiel (HP), qui n'est pas uniquement clinique, mais pose aussi des questions sur les pathologies ou les troubles.

Question : Comment se déroule la thèse de Madame Hamdioui ?

Madame Hamdioui est en contrat CIFRE, avec l'association nationale de recherche et de technologie, car elle ne pouvait pas travailler en même temps et voulait se concentrer pleinement à la recherche. De plus, elle assure aussi des consultations à Necker, ce qui lui permet de pratiquer toutes ses activités au même endroit, et ainsi de se concentrer sur sa recherche. Les contrats de la ANRT (Association Nationale Recherche Technologie) et CIFRE (Conventions Industrielles de Formation par la Recherche), sont considérés comme étant des contrats doctoraux.

Question : Est-ce qu'il y a plus de garçons ou de filles dans les études de neuropsychologie ?

Cette année pour Madame Hamdioui, en Master neuropsychologie, il y a un peu plus de garçons par rapport aux autres années. Il y a environ 5 garçons, pour 30 places en M1. Mais il lui semble voir une petite hausse du nombre de garçons dans les promotions. Les autres années, il y avait plutôt entre 0 et 1 garçon par promotion. En recherche par contre, il y a plus d'hommes car ils sont amenés à travailler avec d'autres services, comme par exemple celui d'ophtalmologie, qui est un service plutôt masculin. Mais du côté clinique, il y a toujours une majorité de femmes. Pour Madame Hamdioui, le fait qu'il y ait plus d'hommes permet d'amener des points de vue différents, ce qui entraîne des démarches plus riches.

Rédactrices : Michèle GELLERT, Lydie OFFNER-COUTANT, Laura VEZANT, Psychologues de l'Education nationale, CIO Enseignements Supérieurs en Sorbonne