

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LNC2 - Laboratoire de Neurosciences Cognitives
et Computationnelles

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

École normale supérieure - université Paris
Sciences & Lettres - ENS-PSL

Institut national de la santé et de la recherche
médicale - Inserm

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D



Au nom du comité d'experts :

Tatjana Nazir, Présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation sont signés par le président du comité d'experts et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente :	Mme Tatjana Nazir, CNRS, Villeneuve-d'Ascq
	M. Demian Battaglia, CNRS, Strasbourg
	M. Christophe Bernard, Inserm, Marseille (représentant des CSS Inserm)
Expert(e)s :	M. Driss Boussaoud, CNRS, Marseille
	Mme Anne Giersch, Inserm, Strasbourg
	Mme Martine Meunier, CNRS, Bron

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Odile Rohmer

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Camille Chodonneret, Inserm
Mme Anne Christophe, ENS-PSL
M. Étienne Hirsch, Inserm
M. Arnaud Tourin, Université PSL

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Neurosciences Cognitives et Computationnelles
- Acronyme : LNC2
- Label et numéro : U 960
- Nombre d'équipes : 8
- Composition de l'équipe de direction : M. Étienne Koechlin

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

SHS Sciences humaines et sociales
SHS4 L'esprit humain et sa complexité

SVE5: Neurosciences and Nervous System Disorders

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'unité LNC2 est spécialisée dans la neuroscience computationnelle et cognitive au sein du Département de Science Cognitive de l'École Normale Supérieure (ENS) – PSL University.

Elle est composée de 8 équipes.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Fondée en 2009 par Étienne Koechlin, l'unité LNC2 est située au 29, rue d'Ulm à Paris et fait partie de l'ENS-PSL.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

LNC2 offre un espace collaboratif sur deux étages, promouvant l'indépendance scientifique de chaque équipe tout en encourageant les échanges inter-équipes.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	9
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	12
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	5
Personnels d'appui non permanents	5
Post-doctorants	13
Doctorants	25
Sous-total personnels non permanents en activité	48
Total personnels	60

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Inserm	0	5	1
AUTRE	2	4	0
Total personnels	2	9	1

AVIS GLOBAL

Le LNC2 se distingue par son focus sur les capacités cognitives humaines, tant dans le contexte de santé que dans celui de la maladie. Cette expertise est renforcée par une approche interdisciplinaire unique sur le territoire français, qui intègre des domaines aussi divers que les neurosciences, la physique, l'ingénierie, l'intelligence artificielle, l'économie et la philosophie. Les travaux du LNC2 ont un rayonnement international, voire mondial.

Le LNC2 bénéficie d'une solidité financière remarquable avec 1 800 k€ de ressources moyennes annuelles, dont 200 k€ de l'Inserm et de l'ENS-PSL, et 1600 k€ provenant d'autres sources de financement telles que l'ERC, la dotation James Mc Donnell et l'ANR. Ce confort financier est soutenu par une stratégie efficace de mutualisation des ressources. La capacité du LNC2 à attirer des talents et à obtenir des financements compétitifs souligne son attractivité exceptionnelle. On note à ce titre l'accueil de 63 doctorants et 44 post-doctorants, en provenance de toute l'Europe, d'Amérique du Nord et d'Asie.

La production scientifique du LNC2 est remarquable (plus de 200 articles évalués par des pairs entre 2017 et 2022), caractérisée par de nombreuses publications influentes, dans la mesure où elles sont très souvent citées (plus de 50 fois pour certaines) et paraissent dans des revues de premier plan telles que *Science* et *Nature Portfolio Journal*. La contribution des doctorants à cette activité de publication est significative : ils contribuent de 30 à 65 % des publications, en fonction des équipes. Tous les doctorants ont au moins une publication à l'issue de leur thèse. L'unité se démarque également par ses recherches sur des enjeux de société importants. Ainsi, les faits marquants du laboratoire comprennent des découvertes novatrices sur le développement de la fonction du cortex préfrontal, qui mettent en lumière la façon dont ce développement a façonné les capacités cognitives de haut niveau (par exemple, ERC FRONTX). Une autre contribution importante concerne les travaux sur le bruit computationnel dans l'apprentissage guidé par la récompense en environnements volatils (par exemple, ERC OPTIMIZERR). Cette recherche remet en question les visions traditionnelles de la prise de décision humaine et montre que les décisions qui sont souvent considérées comme irrationnelles ne sont pas nécessairement basées sur la recherche d'informations lors des choix, mais sont plutôt le résultat de ce bruit computationnel dans le processus d'apprentissage. Le LNC2 a également joué un rôle pionnier dans l'exploration des « biais de confirmation dans l'apprentissage par renforcement ». Cette recherche révèle que ces biais pourraient être enracinés dans des principes computationnels fondamentaux (par exemple, programme SUBAWARD ou ANR RELATIVE). Enfin, le laboratoire a exploré comment les signaux internes du corps, comme ceux qui émanent du cœur et du tractus gastro-intestinal, influencent la dynamique cérébrale et la cognition (par exemple, ERC BRAVIUS). Ces travaux constituent des contributions majeures à la compréhension des processus de prise de décision, d'apprentissage, et de l'interaction corps-cerveau. Dans l'ensemble, les travaux de ce laboratoire sont soutenus par 4 ERC et 27 ANR (dont 19 en tant que porteurs).

Les récompenses prestigieuses attribuées aux chercheurs seniors ou juniors constituent un autre indicateur de l'excellence scientifique du laboratoire. Cela inclut, par exemple, la participation au Board of Editors de "PLOS Computational Biology" et aux comités de Reviewing Editors des revues *Science* et *eLife*, la réception de la Médaille d'argent du CNRS, ainsi que la nomination à l'Ordre National du Mérite.

Les principaux défis auxquels le laboratoire doit faire face comprennent la nécessité d'un soutien administratif renforcé. Il est également important pour le LNC2 de maintenir un équilibre entre ses nombreuses collaborations et sa cohérence scientifique. Le comité d'évaluation encourage le laboratoire à continuer d'élargir son impact, notamment en développant davantage ses interactions avec le monde socio-économique.

En conclusion, le LNC2 s'impose comme un acteur international majeur dans le paysage de la recherche, avec un potentiel d'impact significatif sur la science et la société.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le LNC2 a enregistré une augmentation significative de ses collaborations, avec les publications collaboratives qui représentent désormais 10 % du total des ACL. L'intensification des collaborations cliniques est également manifeste : on compte 22 collaborations actives tant en France qu'à l'international. En matière de communication, le laboratoire a diversifié ses interventions et touche un éventail plus large de publics, y compris en milieu scolaire. Pour ce qui est du secteur privé, une tendance à encourager les aspirations non académiques des doctorants est observable, avec 45 % des doctorants qui s'insèrent dans le milieu non académique. Cependant, le soutien administratif reste un défi, marqué par un manque de personnel administratif permanent. Enfin, bien que le laboratoire ait réussi à agrandir ses locaux et à recruter de nouveaux membres, les contraintes d'espace à Paris ont freiné son potentiel d'expansion.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

Le LNC2 est une très petite UR constituée de 8 chercheurs permanents, chacun à la tête d'une équipe. Les exemples justifiant les avis sont essentiellement développés dans l'évaluation des différentes équipes.

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le LNC2 a défini des objectifs scientifiques d'une pertinence remarquable en neurosciences cognitives et en psychologie expérimentale, en modélisation mathématique, en sciences des données et en intelligence artificielle. Cette recherche de pointe est appliquée à des recherches pré-cliniques ou cliniques en psychiatrie et s'ouvre à l'interdisciplinarité dans les sciences cognitives (économie, philosophie, cognition sociale). Les recherches se distinguent donc par leur robustesse théorique et leur impact pratique. Adoptant très majoritairement une approche interdisciplinaire, elles s'harmonisent parfaitement avec les ambitions institutionnelles. Leur influence dans les débats sociétaux sur l'éthique et la portée de l'intelligence artificielle, par exemple, témoigne de la portée et de la pertinence de leurs objectifs.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Le LNC2 a développé une approche admirable en matière d'acquisition et de gestion des ressources. Grâce à un soutien financier important, qui provient principalement de subventions diversifiées et prestigieuses tels que des contrats internationaux (en Europe, 4 ERC ; hors Europe, 5 contrats dont la dotation James McDonnell), le laboratoire jouit d'une stabilité financière enviable avec 1 800 k€ de ressources moyennes annuelles (donc 1 600 k€ sur fonds propres). Néanmoins, la dépendance notable du LNC2 à des financements externes, associée au volontariat dans le partage de ces ressources propres, met en lumière quelques points d'attention.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'engagement du LNC2 se manifeste tant dans la création d'un environnement de travail harmonieux que dans la mise en œuvre de protocoles rigoureux de sécurité et d'éthique. Abordant des questions allant des enjeux de genre à la protection des actifs numériques, le LNC2 adopte une vision holistique et assure ainsi une recherche à la fois humaine et rigoureusement professionnelle.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LNC2 se distingue par son focus sur les capacités cognitives humaines, tant en contextes de santé que de la maladie. Cette expertise est renforcée par une approche interdisciplinaire unique, intégrant efficacement des domaines aussi variés que les neurosciences, la physique, l'ingénierie, l'intelligence artificielle, l'économie et la philosophie. De plus, le laboratoire montre un alignement solide sur les directives de l'Université PSL et de l'Inserm : en effet, le LNC2 a une approche plurielle qui lie la science des données, l'intelligence artificielle, et les neurosciences cognitives. Grâce à un réseau international et à une vision orientée vers la formation par la recherche, il se positionne comme un pilier essentiel tant pour la formation des chercheurs de demain que pour le développement d'applications pratiques, en particulier dans le domaine clinique. Au niveau pédagogique, le LNC2 s'implique activement dans la formation des futurs chercheurs, en accueillant un nombre très important de doctorants du monde entier. Le LNC2 est aussi engagé dans les programmes de Masters, au sein de l'Université PSL en particulier. Cette expertise académique se traduit également par un impact direct et mesurable sur les débats de société et les politiques publiques. On note par exemple l'organisation de débats sur l'intelligence artificielle et biologique ou sur la manière dont nos émotions influencent nos décisions. Enfin, son réseau collaboratif étendu dans le secteur clinique garantit que les découvertes du laboratoire trouvent une transition fluide vers leur mise en application dans le secteur de la psychiatrie, en particulier pour le traitement des troubles obsessionnels compulsifs ou les psychoses.

Points faibles et risques liés au contexte

Le LNC2, fort de son vaste réseau de collaborations, pourrait courir des risques liés à une dépendance excessive envers des partenaires externes pour les avancées de recherche. De plus, à mesure que l'unité s'agrandit et diversifie ses projets, elle pourrait avoir à relever le défi de garantir sa cohérence en matière de qualité et d'approche.

2/ L'unité possède des ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LNC2 affiche une solidité financière indéniable avec un budget annuel de 1 800 k€ (hors salaires des postes permanents). Son succès auprès d'agences financières, tant nationales qu'internationales, témoigne de sa stature et de sa crédibilité dans le domaine de la recherche. L'engouement qu'il suscite auprès des doctorants et des post-doctorants qui viennent avec leurs propres financements est un indicateur de sa réputation et de sa capacité à attirer des talents. Cette excellence est complétée par une stratégie judicieuse de mutualisation des ressources, garantissant une maximisation de l'utilisation des fonds. Les infrastructures partagées, qu'il s'agisse des cabines expérimentales, des ressources pour l'expérimentation en ligne, des accords éthiques collectifs ou des contributions aux serveurs informatiques et de données, traduisent une gestion harmonieuse et efficiente des moyens à disposition.

Points faibles et risques liés au contexte

Le modèle basé sur le volontariat pour les contributions aux initiatives conjointes pourrait engendrer des disparités dans la répartition des ressources, et potentiellement alimenter des tensions entre les équipes. La stratégie de mutualisation des ressources au LNC2, bien qu'efficace, n'est pas exempte de défis, notamment en ce qui concerne l'accès aux équipements et leur entretien. Enfin, l'expiration récente de l'accord éthique spécifique à l'imagerie cérébrale crée une incertitude : les modalités pour son renouvellement ou son remplacement restent floues, ce qui pourrait impacter les opérations futures.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LNC2 se distingue par son engagement envers l'inclusivité, comme en témoigne l'équilibre presque parfait entre les genres à tous les niveaux et les efforts pour préserver cette parité. L'environnement de travail, avec de nombreux doctorants qui évoquent un cadre "sûr et collaboratif", est le reflet d'une culture ouverte et coopérative du laboratoire. Sur le plan technologique, le laboratoire affiche une forte sensibilisation à la sécurité des données avec une infrastructure numérique solide, des procédures de sauvegarde régulières et des systèmes d'alerte contre les cybermenaces, comme le phishing. De plus, l'intégrité éthique du LNC2 est incontestable, grâce à une adhésion aux normes des comités d'éthique institutionnels et nationaux.

Points faibles et risques liés au contexte

Le LNC2 fait face à plusieurs enjeux, notamment en matière de confort thermique. Les problèmes de régulation de la température, particulièrement durant les mois d'été, impactent le bien-être au travail. Sur le front environnemental, malgré une démarche initiale visant à réduire l'empreinte carbone, une augmentation des voyages post-Covid suggère une marge d'amélioration. De plus, les défis en matière de conformité, avec des délais de validation qui dépassent souvent les durées de financement, menacent l'efficacité et pourraient nuire à la réputation du LNC2.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le LNC2 est indéniablement très attractif. On peut souligner le nombre très important de contrats obtenus par l'UR : plus de 50 auprès d'agences de financement très prestigieuses en Europe et dans le reste du monde. Le LNC2 accueille de très nombreux doctorants et post-doctorants, la moitié viennent de l'étranger (Europe, États-Unis, Asie). Les perspectives professionnelles des doctorants sont internationales et les conduisent parfois vers des universités prestigieuses telles que l'Université Harvard aux États-Unis et l'Université Oxford au Royaume-Uni, ou au sein de grandes entreprises comme Air France et Alstom.

- 1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le taux de succès dans l'obtention de financements nationaux (ANR, 28 dont 17 comme leader) et européens (ERC, 4 en tant que leader) est exceptionnel.

Un indice important est l'attractivité du laboratoire pour les PhD et les post-docs internationaux : la moitié des personnes accueillies viennent de l'étranger. Le fait que la moitié des jeunes chercheurs arrivent avec leur propre financement montre le fort pouvoir d'attraction du laboratoire. Un facteur d'attractivité est aussi ce que deviennent les anciens PhD/post-docs formés, parmi lesquels certains sont devenus professeurs dans des universités de renom telles que UCLA ou Harvard, tandis que d'autres occupent des postes importants dans l'industrie (Air France ou Amazon).

Les membres du laboratoire ont contribué à l'organisation de 29 congrès, ont assumé des responsabilités éditoriales et reçu des prix, ce qui témoigne de leur contribution et de leur reconnaissance dans leur domaine.

Le laboratoire a mis en place une excellente procédure d'accueil des étudiants avec toutes les mesures pour faciliter leur intégration. Les procédures d'open science et d'intégrité sont également en place.

Le développement d'une plateforme computationnelle de haute performance est un point fort du laboratoire. Elle contribue à l'attractivité car de telles ressources permettent le développement de projets complexes soutenus par de nombreux financements. On peut citer par exemple l'ANR Ermundy dont l'objectif est d'utiliser la Méthodologie Réduite Exacte (ERM), capable de reproduire exactement la dynamique collective des grands réseaux de neurones. L'objectif à terme est de mettre en place des protocoles de stimulation pour la "réparation" de connexions fonctionnelles altérées.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Un risque majeur est l'absence de support technique pour la plateforme informatique.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est remarquable, tant par le nombre de publications que par leurs supports et par le nombre de citations de certains articles. Les doctorants sont largement associés aux publications et l'activité scientifique répond aux standards actuels en termes de science éthique, ouverte et robuste. Les publications sont un reflet de la renommée mondiale des travaux conduits par le LNC2

1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche de l'unité et correctement répartie entre ses personnels.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production est de très haut niveau, avec 26 articles cités plus de 50 fois, dont certains dans des journaux les plus réputés, tels que *Science* ou *Nature*.

Chaque équipe a contribué à au moins un article qui fait référence par son nombre élevé de citations. Le LNC2 a enregistré une augmentation significative de collaborations, avec les publications collaboratives représentant désormais 10 % du total des articles. Les doctorants sont associés aux publications pour 30 à 65 % d'entre elles, en fonction des équipes. Tous les doctorants ont au moins une publication à l'issue de leur thèse.

L'unité respecte scrupuleusement les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Aucun point faible n'est relevé

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

Les recherches de l'unité ont des implications pour la compréhension de notre comportement individuel, en société, ou dans les pathologies. Elles s'inscrivent pleinement dans la société. En particulier, l'équipe de cognition sociale adresse directement des questions de société (le racisme, la pénurie, et leur impact sur les décisions) et interagit fréquemment avec le grand public. L'examen des interventions détaillées par équipe montre que la grande majorité des équipes intervient régulièrement dans les médias, auprès des entreprises et dans les événements grand public.

- 1/ *L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ *L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ *L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La grande majorité des équipes intervient de façon active auprès des entreprises ou du grand public pour communiquer sur les résultats de leur recherche, ainsi que sur leur signification pour les individus, pour la société, ou pour la vie en entreprise. En témoigne le nombre d'invitations à intervenir dans des revues de vulgarisation (*Cerveau & psycho*), des émissions de radio ou de télévision (France Culture, France 2, Radio France internationale, RTL), des conférences grand public ou en entreprise (la Nuit des Sciences, par exemple), et la production ou l'édition de livres grand public (par exemple, *Homo Sapiens dans la cité*, Éditions Odile Jacob). Les points forts de l'unité sont la production de livres grand public qui vulgarisent la science développée dans l'unité. Certaines des thématiques sont particulièrement adaptées à cette forme de communication et sont exploitées au mieux. Elles sont moins adaptées aux produits socio-économiques (valorisables économiquement), mais les développements en pathologie pourraient représenter des opportunités à l'avenir. De plus, d'ores et déjà, trois thèses financées sur le dispositif Cifre ont été obtenues, en partenariat avec des compagnies (Air France) et avec des institutions publiques (Ville de Paris). Les seniors interviennent fréquemment auprès des compagnies ou des institutions publiques pour faire du transfert de connaissances, sur des questions d'éthique (liées à l'intelligence artificielle, par exemple) ou pour des prises de décisions (École Nationale de la Magistrature, État-Major des Armées, Orange, BNP-Paribas, Havas).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité a développé des collaborations avec le monde médical : il convient de bien veiller au maintien de ce lien.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le LNC2 est spécialisé dans l'élucidation des fonctions cognitives et met un accent particulier sur leurs aspects neuronaux et computationnels. Ces cinq dernières années, grâce à une méthodologie rigoureuse, le laboratoire a contribué à des avancées significatives, notamment en ce qui concerne les mécanismes de la prise de décision, les biais d'apprentissage et la dynamique neuronale. Dans la perspective future, la vision du laboratoire ne se contente pas d'une exploration purement scientifique. Il envisage une intégration accrue de ses recherches aux débats sociétaux et aux applications cliniques émergentes.

Le laboratoire se positionne en précurseur dans l'exploration des biais cognitifs et dans l'exploitation avancée des signaux cérébraux, ce qui le place en tête des avancées en neurosciences cognitives naturalistes. Une telle orientation stratégique le prépare idéalement aux applications futures, notamment dans le domaine prometteur de la santé numérique.

La reconnaissance du LNC2 s'étend au-delà des frontières nationales et atteste ainsi son engagement indéfectible en faveur de la recherche innovante. Le laboratoire a démontré une capacité notable à sécuriser des subventions compétitives, tout en mettant un accent particulier sur la formation et la transmission des connaissances. Au cours des six dernières années, il a offert une formation intégrative à plus de cent chercheurs en herbe, en assurant ainsi une approche pédagogique holistique.

Conformément aux orientations stratégiques de l'Inserm et de l'Université PSL, le LNC2 établit un pont entre la science des données, l'intelligence artificielle, et les neurosciences cognitives. Grâce à un réseau étendu et à une vision orientée vers la formation intensive en recherche, il se positionne comme un pilier essentiel pour le développement d'applications cliniques et la formation de la future génération d'académiciens. Sa structure organisationnelle, qui privilégie des équipes à la fois restreintes et hautement collaboratives, non seulement stimule l'innovation mais le positionne également de manière optimale pour réaliser ses ambitions futures. Parmi celles-ci, on note le recrutement de talents émergents, le renforcement des ressources en matière de données et d'informatique, et la promotion d'une parité de genre.

Néanmoins, certains défis demeurent. Le laboratoire exprime un besoin pressant d'un ingénieur de recherche spécialisé afin d'optimiser les processus computationnels et de garantir la sécurité des données. De plus, le laboratoire est confronté à des procédures d'approbation éthique souvent laborieuses. Tout en relevant des défis plus globaux tels que l'adoption de pratiques de science ouverte, la réduction de leur impact environnemental, et la garantie de l'égalité des sexes, le laboratoire s'efforce continuellement d'assurer que sa recherche demeure à la pointe de l'innovation académique.

La future organisation de l'unité est soigneusement alignée sur sa vision et sur ses ambitions : elle garantit que chaque aspect, de la structure de l'équipe aux ressources, soutient et renforce son projet de recherche global.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Le comité a formulé plusieurs recommandations qui seront présentées ci-dessous sous forme de points clés :

Afin de consolider la structure interne du LNC2 et d'en accroître l'efficacité et l'attractivité, le comité propose les recommandations suivantes :

Premièrement, il est conseillé de renforcer le soutien administratif en augmentant le nombre de postes permanents pour prévenir le risque d'épuisement professionnel, préoccupation spécifiquement relevée par le gestionnaire actuel.

Deuxièmement, il est suggéré de créer un règlement intérieur afin de formaliser les règles et les procédures du laboratoire. Cela devrait s'accompagner d'une communication améliorée avec les chercheurs doctorants et post-doctoraux sur les opportunités, les restrictions et les informations cruciales telles que les processus de recrutement et les postes à pourvoir.

Troisièmement, il est recommandé de développer des programmes et des partenariats externes qui viendraient appuyer les ambitions professionnelles des doctorants au-delà du cadre académique et leur ouvrir ainsi la voie vers diverses carrières alternatives.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Fonctions exécutives

Nom du responsable : M. Étienne Koechlin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Le thème de recherche principal est l'étude des mécanismes cognitifs impliquant le cortex préfrontal, comme la prise de décision, notamment dans un contexte où l'adaptation est nécessaire. L'approche est multidisciplinaire, combine imagerie, neurosciences computationnelles et comportement. L'équipe fait partie des leaders mondiaux du domaine.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe n'ayant pas de point faible, les recommandations étaient cosmétiques.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	3
Total personnels	4

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe publie à très haut niveau, dans des journaux prestigieux comme *Science* ou *Nature group*. Ses articles sont bien cités : ils attestent l'impact de sa recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe est leader dans son domaine, comme l'attestent les invitations à 20 conférences, son appartenance au Board of Reviewing Editors de *Science* (une marque de reconnaissance) et ses nombreuses activités dans la politique scientifique (ERC, NIH, MRC).

Le niveau de financement est exceptionnel avec un ERC advanced, 3 ANR (une en PI), et d'autres contrats.

La production scientifique est excellente en termes d'impact, avec des articles dans *Science*, *Nature Human Behaviors*, *Nature Communications*, et *Cerebral Cortex*, qui sont très bien cités, et de nombreux articles de revue (TCS) et chapitres d'ouvrage. La formation par la recherche est exceptionnelle : cinq PhD ou post-docs ont obtenu un poste Inserm ou CNRS.

Les contributions à la société sont remarquables avec de très nombreuses interventions à destination du public et dans les médias (France 2).

Points faibles et risques liés au contexte

Le risque majeur, pour l'équipe comme pour l'unité, est l'absence de support technique de la part des instituts.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe va disparaître comme équipe indépendante, pour fusionner avec l'actuelle équipe 7. Cette fusion fait sens dans la mesure où la trajectoire de cette équipe 7 la conduit aux processus cognitifs dans la modélisation et celle de l'équipe 1 la conduit au niveau neuronal.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de poursuivre dans la voie engagée.

Équipe 2 : Inférences et catégorisation

Nom du responsable : M. Valentin Wyart

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe étudie comment les décisions sont prises dans des contextes incertains (variabilité des contingences stimuli-réponses) et volatils, et notamment explore dans quelle mesure la variabilité comportementale s'appuie sur le caractère volatil des règles de contingence dans l'environnement. Cette recherche s'appuie sur des techniques de psychologie expérimentale et de psychophysique, de modélisation computationnelle, d'imagerie, et de techniques complémentaires comme la pupillographie. En collaboration avec d'autres équipes (1 et 3) de l'unité, cette équipe a aussi contribué à établir des recommandations pour la modélisation du comportement.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport ne mentionnait que très peu de recommandations et soulignait déjà le caractère dynamique de l'équipe. Il recommandait le contrôle sur les projets (l'encadrement des CDD recrutés sur plusieurs projets prestigieux comme l'ERC), et le développement et le maintien des collaborations, particulièrement cliniques. La production et le développement des collaborations cliniques de 2017 à 2022 témoignent d'un effort continu et efficace de l'équipe. Les collaborations cliniques ont été développées, avec plusieurs projets prometteurs.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	5

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Le dynamisme de l'équipe est remarquable, avec plusieurs contrats prestigieux (ERC starting grant) qui ont permis une production exceptionnelle : Nature Neuroscience, Nature Communications, Nature Human Behaviour, eLife, Trends in Cognitive Neuroscience, Current Opinion in Behavioral Sciences. L'équipe est reconnue internationalement (éditeur relecteur à eLife, conférences dans des institutions prestigieuses). Elle développe des collaborations avec des psychiatres sur les troubles obsessionnels compulsifs et sur la psychose.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe est sur une trajectoire d'excellence. Elle a apporté des connaissances nouvelles et innovantes sur la façon dont les décisions sont ajustées dans un contexte d'incertitude, avec des idées en rupture avec les modèles antérieurs. Les décisions "exploratoires", dont le but n'est pas la récompense immédiate, ont été supposées fondées sur la recherche d'informations. Les recherches de l'équipe suggèrent qu'elles seraient plutôt liées aux limites. Ces nouvelles idées peuvent avoir des implications dans de multiples domaines. Les contrats prestigieux obtenus et les résultats publiés dans les meilleures publications doivent permettre d'attirer des chercheurs à un niveau international, comme le souhaite l'équipe. Les interactions avec les autres équipes, dont témoignent des publications communes, compensent la petite taille de l'équipe.

Points faibles et risques liés au contexte

L'absence de soutien technique permanent complique le développement des projets, en empêchant l'établissement d'une mémoire technique et ajustée aux besoins de l'équipe. L'obtention longue et complexe des accords éthiques est aussi un frein majeur.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe tient ses promesses et se trouve sur une trajectoire d'excellence.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de poursuivre dans la voie engagée, et notamment de faire fructifier les collaborations cliniques et de se rapprocher des équipes internationales impliquées dans des thématiques proches de l'équipe.

Équipe 3 : Renforcement des apprentissages humains

Nom du responsable : M. Stefano Palminteri

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les biais d'apprentissage humain et leurs conséquences sur la prise de décision sont un thème central des neurosciences. L'équipe les aborde aux niveaux comportemental, computationnel et neuronal, avec un intérêt particulier pour leurs liens avec la variabilité interindividuelle, les traits psychologiques et la psychopathologie.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Cette équipe (2 dans le précédent rapport) était en développement et avait fait l'objet de peu de recommandations, sauf celle-ci : "Dans ce contexte, il est souhaitable de maintenir l'effort pour un lien actif avec les collaborateurs des domaines cliniques". Cet avis a pleinement été pris en compte.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	2
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	7

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe est d'un excellent niveau. Elle a publié un nombre important d'articles, de haute qualité, dans les domaines clés de l'apprentissage et de la prise de décision, en lien avec des domaines d'un grand intérêt sociétal, notamment la neuroéconomie et la psychiatrie. Le niveau de publication de l'équipe tant en termes de quantité que de qualité est excellent.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les atouts de l'équipe reposent sur trois principaux éléments : une direction efficace ; l'attractivité du thème des recherches menées par l'équipe pour les progrès des connaissances et pour les impacts potentiels sur la société (neuroéconomie, psychiatrie...) ; et la grande qualité des jeunes chercheurs (doctorants) recrutés. Les résultats des travaux de l'équipe sont innovants, avec plusieurs publications originales et des articles de synthèse dans des

revues de très haut niveau (par exemple *Nature Human Behaviour*, 2021 ; *TICS*, 2017 ; *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 2021). Les résultats et les approches méthodologiques de l'équipe ont eu un impact très important en termes épistémologiques dans les sciences cognitives, ainsi qu'en termes de développement de nouveaux concepts. Au cours de la période 2017-2022, l'équipe a ainsi apporté un éclairage nouveau sur l'apprentissage par renforcement, en montrant que les humains apprennent mieux des biais positifs (optimisme) que des biais négatifs, ce qui contraste avec l'idée admise. Les travaux de l'équipe ont également montré que les biais positifs d'apprentissage reposent sur une hyperactivité striatale, et que cette hyperactivité est absente chez les patients dépressifs. L'excellence et l'originalité de ces travaux ont valu à l'équipe d'être régulièrement invitée à donner des conférences et à participer à des tables rondes dans des événements et des institutions prestigieuses, et à faire partie de comités éditoriaux de grandes revues, comme *PLoS Computational Biology*. L'équipe a été récompensée par des prix scientifiques pour l'excellence de ses travaux (L'Oréal, prix de la Société des Neurosciences).

L'équipe a été productive en termes de financements (plus de 3 M€), avec une ERC "Consolidator" obtenue par le chef d'équipe. Elle a développé de fortes collaborations avec les partenaires industriels, qui ont généré des financements de 110 k€.

L'attractivité de l'équipe repose également sur sa forte implication dans l'enseignement, en particulier dans le cadre du Master CogMaster, et sur son implication dans des activités éditoriales (e.g. *PLoS Computational Biology*).

En termes de contribution aux questions sociétales, l'équipe a notamment un rayonnement à travers des publications, la participation à des événements grand public ("Semaine du cerveau", "Déclic") et des actions innovantes au sein du réseau cognitif interculturel, avec des études comportementales menées dans 11 pays (4 continents).

Il est enfin important de noter que parmi les publications de l'équipe au cours de la période évaluée, une grande proportion d'articles est parue dans des revues en libre accès.

Points faibles et risques liés au contexte

Étant donné l'importance de la thématique de recherche et la qualité de la production scientifique de l'équipe, le comité regrette que le soutien des tutelles ne se manifeste pas par l'attribution de supports supplémentaires en ressources humaines.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe suit une trajectoire qui l'amène à s'ouvrir sur des questions liées à l'apprentissage en société (imitation, enseignement) et à des applications hors sciences cognitives, en lien avec l'IA. De nouvelles collaborations internes et externes au LNC2 sont envisagées pour aborder davantage les mécanismes neuronaux, par des enregistrements électrophysiologiques intracérébraux et EEG.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Il peut être opportun de développer des collaborations avec l'équipe 4 pour bénéficier de son expérience en cognition sociale.

Équipe 4 : Cognition sociale

Nom du responsable : Mme Julie Grèzes

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe étudie le rôle des facteurs motivationnels dans le comportement social, avec un focus sur les mécanismes cognitifs et cérébraux dans la prise de décision sociale. L'équipe mène également des recherches de pointe sur l'influence des facteurs environnementaux tels que le stress, la dureté de la vie et l'incertitude, sur divers types de décisions sociales et non sociales, telles que la confiance sociale, les attitudes politiques et religieuses, les attitudes sur la santé et la parentalité.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport recommandait de tendre vers un équilibre entre les productions d'articles théoriques et la production d'articles empiriques, et de développer des collaborations avec les autres équipes. Ces recommandations ont été globalement prises en compte, puisque la production scientifique montre des publications communes avec d'autres équipes, notamment l'équipe 2.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	4
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	0
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	10
Total personnels	14

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Cognition Sociale est d'un excellent niveau : elle est l'une des meilleures équipes dans son domaine. Elle a publié un nombre important d'articles de haute qualité dans les meilleures revues du champ, et ses membres ont été invités à donner des conférences dans des institutions et des conférences internationales prestigieuses.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe Cognition Sociale publie des travaux de qualité dans un domaine très actif sur le plan national et international, dans des revues reconnues (*Scientific Reports, PlosOne, Cognition, Emotion*). L'équipe occupe une position de leader dans le domaine de la cognition sociale, à la fois sur le plan de la recherche fondamentale, et celui du transfert vers des questions de société, comme l'attestent le nombre de conférences auxquelles les membres de l'équipe ont été invités (39) et les événements dont ils ont été les organisateurs. L'équipe est également sollicitée par les décideurs politiques.

L'équipe communique sur ses travaux de manière efficace, et est fortement impliquée dans la diffusion des résultats de ses recherches vers la société (semaine du cerveau, conférences TEDx, Forum des sciences cognitives, programmes radio et TV, papiers de revues et de vulgarisation). Cette reconnaissance passe par des distinctions (prix scientifiques, Ordre National du Mérite). Les membres de l'équipe ont des responsabilités dans l'organisation de l'enseignement (Master CogMaster) ou dans son administration (une des deux cheffes d'équipes est actuellement VP Éducation de l'Université PSL).

Le niveau de financement de l'équipe est confortable (plus de 2 M€ sur la période), avec des projets ANR, FRM, Fondation de France, Behavioural Insights Agency, entre autres. Comme pour les autres équipes du LNC2, les doctorants ont pour la grande majorité obtenu leur propre financement.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe subit une lenteur administrative dans l'obtention des autorisations éthiques qui devient problématique et qui la pousse à abandonner certains de ses projets. Ce problème risque à terme de pousser l'équipe à s'orienter vers une adaptation administrative plutôt qu'à opérer des choix de nature scientifique. Un autre point d'attention est la sous-dotatation en personnel support.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe sera dirigée par une seule cheffe d'équipe. Le départ d'une des deux cheffes d'équipe entraîne de fait l'arrêt du volet qui s'intéressait aux facteurs environnementaux dans la prise de décision sociale. Le projet de l'équipe s'organise sur trois axes, complémentaires et cohérents : un axe qui poursuit les travaux sur les mécanismes neuronaux et les déterminants comportementaux de la prise de décision sociale, avec un volet clinique (dépression, autisme) ; et deux axes qui s'intéressent aux biais intergroupes et aux décisions socio-émotionnelles collectives.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité ne formule aucune recommandation, en raison de la cohérence de sa vision et de sa capacité à former des étudiants pour qu'ils s'intègrent dans des laboratoires internationaux renommés.

Équipe 5 : Subjectivité, cerveau et vice versa

Nom du responsable : Mme Catherine Tallon-Baudry

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

La thématique majeure de l'équipe est l'interoception, qui porte sur la compréhension de la relation organes-cerveau et, en particulier, sur la manière dont les rythmes cardiaques et gastriques influencent la perception du monde extérieur et l'activité neuronale.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Une des recommandations du précédent rapport concernait le renforcement de l'équipe. Cette recommandation était fondée sur l'affirmation que "la principale limite reste les faibles moyens en chercheurs statutaires dont dispose l'équipe". La qualité de la science n'est pas proportionnelle à la taille de l'équipe. L'équipe est restée avec une statutaire, ce qui ne l'a pas empêchée de publier des articles à fort impact et d'obtenir des contrats recherche.

Les aspects "pathologie" ont été inclus.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	3
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	7
Total personnels	8

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe fait partie des leaders internationaux. Elle affiche une forte visibilité (avec 4 conférences keynote et 54 conférences invitée, par exemple), sur un domaine en forte expansion. Le taux de financement est excellent. L'équipe attire des PhD et des post-docs avec leur propre financement (6/7 et 2/6 respectivement), ce qui est remarquable et atteste son attractivité.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe publie à très haut niveau, ce qui est d'autant plus remarquable que le domaine apparaît comme une "niche", bien qu'il s'agisse d'un problème de biologie fondamentale, indispensable à une véritable compréhension du fonctionnement de l'être humain qui n'est pas qu'un cerveau.

L'équipe est leader dans son domaine, comme l'attestent les nombreuses invitations (4 keynotes, 54 conférences), des distinctions (médaille d'argent du CNRS), et de nombreuses activités dans la politique scientifique.

Le niveau de financement est remarquable avec 2 M€ sur la période, et deux ANR en cours.

La production scientifique est excellente en termes d'impact avec 21 articles cités plus de 1 000 fois.

L'accompagnement (suivi de carrière, règles de publication) des PhD et des post-docs est excellent, y compris pour les aspects d'éducation (éthique de la recherche).

L'équipe suit les directives en ce qui concerne l'*open science*, compte tenu des contraintes françaises : difficulté de partager les données ; interprétation de la loi européenne par l'Inserm.

Les contributions à la société sont remarquables avec de nombreuses activités (e.g. "Semaine du cerveau"), avec des ouvrages généralistes et avec des interventions dans les médias (France Culture).

Points faibles et risques liés au contexte

Les risques tiennent à la lenteur des processus administratifs en France pour faire de la recherche chez l'homme, ainsi qu'à l'absence de personnel dédié à la plateforme informatique.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe suit une trajectoire cohérente avec son passé. Il s'agit d'approfondir la relation périphérie-cerveau avec l'addition d'une partie allant au-delà des corrélations. La collaboration avec le groupe de neuroscience computationnelle (Équipe 7) devrait permettre de faire des avancées importantes. Un autre aspect important est d'essayer de comprendre les contributions respectives des systèmes cardiaques et gastriques. Enfin, les études liées à la conscience sont très importantes à réaliser, en particulier en ce qui concerne les aspects cliniques qui sont inclus dans la stratégie de l'équipe.

En résumé, l'équipe continue sur sa lancée, avec un programme de recherche très prometteur. Les contributions sociétales sont encore plus développées, ce qui montre l'implication de l'équipe dans la diffusion des connaissances auprès du public.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Compte tenu de l'importance de la thématique de recherche, il serait important de sensibiliser les étudiants en Master ou dans les Écoles Doctorales, par des modules d'enseignement dédiés. Aucune autre recommandation n'est à formuler pour cette équipe.

Équipe 6 : Dynamique des réseaux

Nom du responsable : M. Srdjan Ostojic

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'objectif principal de l'équipe est de développer de nouvelles approches théoriques et de modélisation pour décrire comment des millions de neurones travaillent ensemble dans les réseaux corticaux et mettent en œuvre des calculs complexes qui sous-tendent le comportement. L'objectif principal est de comprendre la relation entre la structure et la fonction dans les réseaux de neurones, en particulier la façon dont la connectivité entre les neurones détermine la dynamique émergente et les calculs. Ces objectifs sont développés à travers deux axes parallèles en synergie : des modèles computationnels de réseaux neuronaux ; et des analyses de population de l'activité neuronale chez des animaux pendant des tâches comportementales, enregistrées par des collaborateurs.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations à l'équipe lors de la dernière visite du Hcéres étaient d'améliorer la production de l'équipe en finalisant la publication des études en cours, et d'augmenter le nombre de post-docs accueillis. Un autre conseil était de développer une niche spécifique pour garantir une visibilité et une compétitivité dans le domaine très actif de l'analyse spatiotemporelle de la dynamique cognitive. Ces deux recommandations ont été suivies avec succès. L'équipe a publié une importante série d'études d'envergure, qui définissent une nouvelle ligne de recherche originale avec visibilité mondiale (réseaux neuronaux à faible dimensionnalité). De plus, l'équipe a intégré six nouveaux post-doctorants depuis 2018.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	7
Total personnels	8

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe fait partie des leaders internationaux dans son domaine. Elle affiche une forte visibilité, par des publications séminales et par des invitations récurrentes dans les conférences (Cosyne, Bernstein Conference) et les écoles thématiques (Woodshole, CAJAL Lisbonne) reconnues du domaine. Le taux de financement est exceptionnel, avec plusieurs financements nationaux (5 ANR) et des financements internationaux comme le contrat Suward NIH NYU : ces financements ont permis une forte croissance dans les dernières années. L'équipe joue un rôle central dans la communauté internationale grâce à la fondation de lignes de recherche originales et prometteuses.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe publie à très haut niveau (*Nature neuroscience*, *Nature Communications*, revues dans *Current Opinion of Neurobiology* et *Nature Neuroscience Reviews*), ce qui est remarquable compte tenu de la nature computationnelle et théorique de la recherche présentée. En effet, le nouveau paradigme analytique des réseaux neuronaux récurrents à faible dimensionnalité s'avère fondamental, à la fois pour la compréhension et l'interprétation de jeux de données à grande dimensionnalité (toujours plus importants et fréquents en neurosciences), mais aussi pour le développement de nouvelles idées sur l'apprentissage automatique et sur l'intelligence artificielle. L'équipe connaît un grand rayonnement, comme l'attestent les nombreuses invitations (Cosyne, Bernstein Conference, NeurlPS ; professeur invité au MIT et à Princeton) ainsi que les collaborations transatlantiques. L'équipe a pu accueillir des professeurs invités d'envergure internationale, tel que Jonathan Pillow de Princeton University, pendant une année. Le niveau de financement sur la période d'évaluation est très bon : 376 k€ par la NIH, plus de 1 M€ répartis sur 4 projets ANR.

La production scientifique est excellente avec 23 articles publiés sur la période par les membres de l'équipe, dont 3 articles de revue prestigieux et 19 en premier ou dernier auteur (1 865 citations depuis 2018 pour les articles du seul chef d'équipe).

L'accompagnement des 8 PhD et des 6 post-docs accueillis sur la période est soutenu. Nombreux de ces étudiants réussissent à continuer leur carrière dans des laboratoires internationaux reconnus et en confirment ainsi la qualité de leur encadrement.

L'équipe suit les directives en ce qui concerne la science ouverte, selon les contraintes françaises : tous les articles sont disponibles en libre accès avec possibilité d'obtenir les logiciels.

Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas de points faibles du point de vue de la recherche. Les activités de vulgarisation et de diffusion scientifique auprès du grand public ne sont pas suffisamment documentées. Un risque potentiel est le manque de personnel dédié au maintien des infrastructures de calcul et à la formation de leur utilisation performante. La perte de temps associé au manque d'assistance technique pourrait ralentir le développement futur de la recherche de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La description de la trajectoire de l'équipe est succincte par rapport aux autres équipes de l'unité. Cependant, la trajectoire envisagée est claire et constitue la continuation naturelle et stratégique des lignes de recherche actuelles, dont le potentiel complet est encore à exploiter. L'équipe en effet compte explorer la compositionnalité des dynamiques des réseaux récurrents à faible dimensionnalité et s'en servir pour expliquer l'émergence de computations de plus en plus complexes. Elle compte aussi continuer à chercher des financements plus ambitieux (ERC, Simmons Foundation) afin de pouvoir développer des programmes de recherche en toute liberté et sur une plus longue durée, sans dépendre de la multiplication de petits financements incrémentaux.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité ne formule aucune recommandation scientifique à l'équipe, en raison de la cohérence de sa vision et de sa capacité à former les étudiants susceptibles de s'intégrer dans des laboratoires internationaux renommés. Le comité recommande toutefois à l'équipe de renforcer ses collaborations expérimentales avec d'autres équipes au sein du LNC2 et de multiplier les initiatives de diffusion de la culture scientifique auprès du grand public, très attentif aux développements de l'intelligence artificielle au sens large et donc potentiellement intéressé par les thématiques couvertes par l'équipe.

Équipe 7 : Dynamique des réseaux

Nom du responsable : M. Boris Gutkin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe est spécialisée dans le développement de modèles mathématiques à plusieurs échelles pour analyser la dynamique et les fonctions des structures neuronales — des cellules aux circuits, en passant par la cognition et le comportement. Une approche multi-niveaux permet de comprendre les mécanismes d'émergence des computations, mais aussi comment les états cognitifs ou neuromodulateurs modifient la façon d'effectuer ces computations (et comment elles sont dérégées dans des états pathologiques comme l'addiction). L'équipe a intégré une jeune chercheuse indépendante : elle étudie les relations entre fonction, apprentissage et structure des circuits neuronaux, en particulier dans le cervelet, en développant des méthodes mathématiques avancées pour explorer des données complexes.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations à l'équipe lors de la dernière visite du Hcéres étaient de poursuivre l'effort de vérification expérimentale des prédictions théoriques des précédents travaux, ainsi que de renforcer les collaborations avec des cliniciens. Le DAE ne documente pas en détail les avancées dans ces directions. Cependant, de nouvelles lignes de recherche ont été développées qui n'étaient pas encore engagées lors de la dernière période d'évaluation et qui ont concentré une partie importante des efforts de recherche.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	2
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	11
Total personnels	12

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe a un excellent positionnement international, avec des lignes de recherche en neurosciences théoriques, en analyses avancées des données et en neuroéconomie. L'activité de publication est régulière et de haute qualité dans des journaux multidisciplinaires (physique, mathématique et neurosciences). L'intégration d'un nouveau professeur dans l'équipe a renforcé les activités en analyses avancées de données. L'implication des chercheurs dans des instances d'évaluation et d'animation de la recherche (CoNRS, ANR) ou dans des initiatives pédagogiques en ligne (neuromatch) sont remarquables.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe publie à un très haut niveau dans des journaux hautement reconnus par les communautés scientifiques des thématiques multidisciplinaires et d'interface explorées par l'équipe (*PLoS CB, Chaos, Nature Neuroscience*). Les analyses de données avancées constituent un atout certain pour accéder à des publications prestigieuses. La production scientifique est très bonne avec 41 articles publiés sur la période par les membres de l'équipe, dont 40 comme leaders. Si, quantitativement, ce niveau de publications peut paraître plus faible par rapport à celui d'autres équipes, la raison vient de la dimension mathématique d'une grande partie des publications et du besoin de diffuser les résultats auprès d'une communauté scientifique d'interface dans laquelle des journaux à très large impact n'existent pas. Des chapitres ont également été publiés dans des monographies de référence pour des domaines de recherche émergents, comme la psychiatrie computationnelle. L'équipe a en outre accueilli un professeur invité durant 6 mois en provenance d'une institution internationale prestigieuse à l'étranger : Adrienne Fairhall de l'Université de Washington.

La nouvelle direction de recherche de l'équipe, qui utilise des modèles exactement réduits pour étudier le routage de l'information, est très prometteuse et de nouvelles collaborations ont été mises en place dans la modélisation par agents avec l'équipe 3. La recherche du professeur nouvellement intégré apparaît très dynamique et avec un fort potentiel de développement, soit dans la compréhension des représentations du cervelet à partir d'analyses expérimentales, soit dans le pur développement méthodologique.

Le niveau de financement sur la période d'évaluation est très important, avec 6 ANR par exemple.

Les activités d'accompagnement des 10 PhD et des 2 post-docs accueillis sur la période sont très bonnes.

L'équipe suit les directives en ce qui concerne la science ouverte, selon les contraintes françaises : tous les articles sont disponibles en libre accès. Les chercheurs de l'équipe sont fortement impliqués dans l'évaluation et l'animation de la vie scientifique : participations au CoNRS, à des comités ANR, à la structuration des stratégies en Neurosciences sur le plateau de Saclay. Ils s'impliquent aussi dans la pédagogie à distance en fournissant un nombre important d'heures d'enseignement pour des projets de visibilité mondiale comme la NeuroMatch Academy.

Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas de véritable point faible scientifique. On peut seulement souligner la faible intégration des recherches des deux membres permanents de l'équipe. Cependant, ces deux chercheurs vont se séparer pour former chacun son équipe lors de la prochaine période. Les collaborations avec la clinique, comme il a été souligné lors de la précédente évaluation du Hcéres, mériteraient d'être renforcées. Un risque potentiel est le manque de personnel dédié au maintien des infrastructures de calcul et à la formation de leur utilisation performante. La perte de temps associée au manque d'assistance technique pourrait ralentir le développement futur de la recherche de l'équipe. Un autre risque est la réduction du nombre de contrats doctoraux offerts par les Écoles Doctorales, réduction qui réduit la possibilité de recruter d'excellents étudiants locaux en thèse : elle pourrait expliquer en partie la contraction en taille de l'équipe à la fin de 2022 par rapport au commencement de la période d'évaluation.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe est très prometteuse. Le chercheur nouvellement recruté va créer sa propre équipe, ce qui va permettre un essor encore plus visible des nouvelles thématiques qu'il porte. De l'autre côté, l'ancienne Équipe 7 va accueillir un chercheur en provenance de l'équipe 1 : ce transfert renforcera les dynamiques d'interaction et de *cross-fertilisation* entre expérimentation, sciences cognitives et approches computationnelles au sein du LNC2, et permettra de développer la modélisation de l'apprentissage prédictif. La modélisation computationnelle pourra aussi être validée par des expériences de neuroimagerie.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe de poursuivre ses efforts de collaborations avec d'autres équipes de LNC2 pour poursuivre l'intégration entre expérimentation et modélisation. Un renforcement des collaborations avec la clinique pourrait profiter aux lignes de recherche en psychiatrie computationnelle.

Équipe 8 : Approche normative des circuits neuronaux et comportements

Nom du responsable : Mme Sophie Denève

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les recherches de l'équipe visent à comprendre comment le cerveau traite et intègre les informations sensorielles provenant de sources multiples, et mettent l'accent sur le rôle de la variabilité neuronale et du bruit. Elles utilisent une combinaison d'approches théoriques et expérimentales, y compris la modélisation mathématique et la psychophysique, pour étudier les mécanismes neuronaux qui sous-tendent la perception, la prise de décision et l'attention. Les travaux les plus récents de l'équipe se sont concentrés sur le développement de modèles computationnels du cerveau qui peuvent expliquer comment les informations sensorielles sont transformées et combinées à travers différents niveaux de traitement, de manière à implémenter des stratégies émergentes d'inférence probabiliste.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations lors de la dernière évaluation du Hcéres étaient de recruter davantage de doctorants ou de chercheurs statutaires pour avoir des ressources humaines suffisantes dans les tâches ambitieuses de l'équipe. Cette recommandation a perdu de sa pertinence avec la décision du coordinateur de l'équipe de se transférer à Marseille.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	1
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	0
Sous-total personnels non permanents en activité	0
Total personnels	1

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Le comité n'est pas en mesure de formuler d'appréciation à cause du manque de détails dans le DAE fourni par l'unité. Cependant, il peut souligner que l'équipe a obtenu des avancées scientifiques importantes dans les domaines du codage prédictif et de l'apprentissage et du codage dans les réseaux de neurones. Ces résultats ont été développés dans des publications qui ont été l'objet de nombreuses citations durant la période évaluée.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a publié à un très haut niveau dans le passé et même pendant la période évaluée : elle a pu publier 3 articles (dont un dans *Nature Communications*). Cependant, l'activité de l'équipe a été fortement impactée par l'absence prolongée pour raison de santé du chef de l'équipe, qui a néanmoins attiré plus de 3 000 citations depuis 2018. L'équipe a encadré quatre doctorants, tous en codirection nationale ou internationale. Le comité constate que tous les doctorants durant la période évaluée ont été capables de publier au moins un article en premier auteur, au sein de l'équipe ou de celle du co-encadrant. Un docteur issu des rangs de l'équipe a été nommé maître de conférences.

L'équipe suit les directives en ce qui concerne la science ouverte, selon les contraintes françaises : tous les articles sont disponibles en libre accès avec possibilité d'obtenir les logiciels.

Points faibles et risques liés au contexte

L'activité de l'équipe a été fortement limitée en raison de l'absence prolongée de son chef, qui a réduit la taille de l'équipe à cause de son départ pour une autre unité de recherche.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

En raison de ce départ annoncé, l'équipe ne sera pas renouvelée. Le comité souligne la grande qualité des recherches conduites par l'équipe dans sa trajectoire passée jusqu'à sa dissolution à venir.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Compte tenu de la disparition de cette équipe, il n'y a pas lieu que le comité exprime des recommandations.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE

Début : 19 octobre 2023

Fin : 19 octobre 2023

Entretiens réalisés : en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

- 9h-9h45 : Réunion de démarrage du comité d'experts à huis clos
- 9h45-10h : huis-clos avec la direction de l'unité
- 10h15-12h00 : Réunion plénière en présence de l'ensemble des membres de l'unité de recherche
Présentation de l'évaluation et du comité (10 mn)
Présentation générale de l'UR et présentation des équipes (60 mn)
Questions / réponses (35 mn)
- 12h-12h45 : Entretien à huis-clos avec les représentants des tutelles ENS /PSL / Inserm
- 12h45-14h : pause et réunion du comité d'experts à huis clos
- 14h-14h30 : Entretien à huis clos avec les personnels chercheurs statutaires
- 14h30 -15h : Entretien à huis clos avec les doctorant-es et les post-doctorant-es
- 15h00 -15h30 : Entretien à huis clos avec les personnels d'appui à la recherche
- 15h30-16h30 : pause et réunion à huis clos du comité d'experts
- 16h30 -17h15 : Entretien à huis clos avec la direction de l'unité
- 17h15-18h00 : Entretien à huis clos du comité d'experts
- 18h00 : Fin de l'entretien

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Paris, le 20 décembre 2023

Référence : DER-PUR250024140 - LNC2 - Laboratoire de neurosciences cognitives et computationnelles.

Monsieur le Directeur,

Les tutelles de l'unité LNC2 (Laboratoire de neurosciences cognitives et computationnelles) remercient chaleureusement l'ensemble des experts du Comité pour leur travail d'évaluation.

Elles n'ont pas d'observation à formuler sur leur rapport.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes cordiales salutations.



Arnaud Tourin

Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

 [@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

 [Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

