

YEARBOOK / FAITS MARQUANTS

# 2021



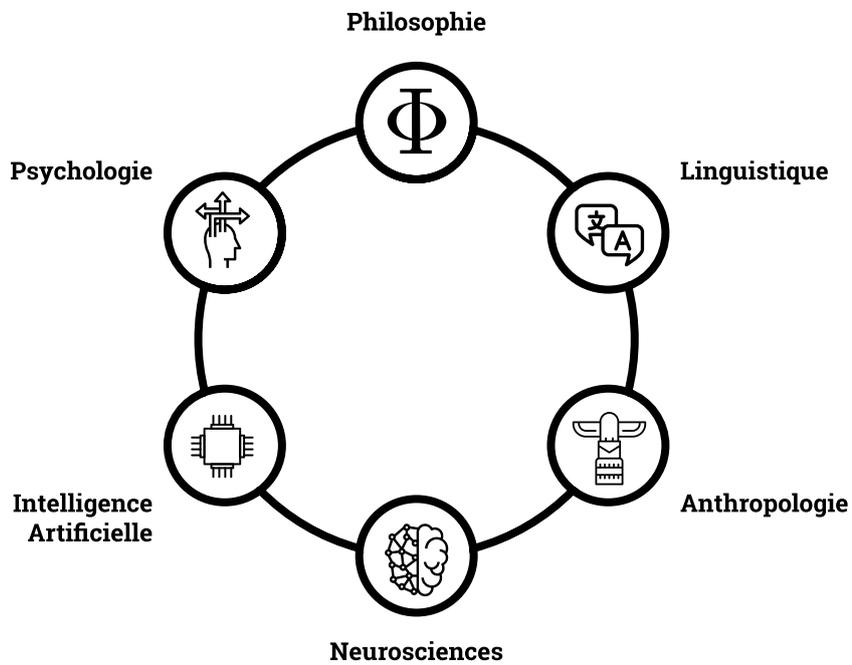
institut  
**cognition**





YEARBOOK / FAITS MARQUANTS

# 2021



institut  
**cognition**



## **Sommaire**

**6**

Technologies d'augmentation cognitive

**14**

Évaluations comportementales cognitives

**28**

Cognition collective

**36**

Cognition et langage

**48**

Partenariats de recherche

# ÉDITO

## Le point d'entrée unique de la cognition pour le monde socio-économique

Créé en 2016 et labellisé Carnot en 2020, l'Institut Cognition est un institut unique en Europe, conçu pour développer et favoriser les partenariats de recherche et le transfert technologique entre ses 22 laboratoires et le monde socio-économique, dans le domaine des sciences cognitives.

Pour illustrer cet enjeu majeur, nous avons le plaisir de vous proposer la deuxième édition du Yearbook ou « Faits marquants » de l'année 2021, dans lequel vous pourrez retrouver un ensemble non exhaustif des progrès de nos laboratoires qui ont marqué cette année dans le domaine des sciences cognitives et qui peuvent constituer des sources d'inspiration pour l'innovation compétitive pour les entreprises.

### 4 axes scientifiques différenciateurs pour des synergies interdisciplinaires

Le champ thématique de la cognition couvre toutes les fonctions cognitives, humaines et animales, naturelles et artificielles, telles que la perception, l'attention, le langage, la mémoire, l'intelligence, le raisonnement, les apprentissages, les émotions, les interactions humain/machine, etc. Par essence interdisciplinaires et faisant appel à une large palette de méthodologies, les recherches en sciences cognitives se construisent au travers de collaborations entre équipes aux compétences variées, souvent multisites, ce qui confère à l'Institut Carnot Cognition un avantage stratégique du fait de son statut de consortium national qui permet d'interroger en une seule démarche l'ensemble des laboratoires, dans une approche interdisciplinaire.

Pour une plus grande lisibilité du monde socio-économique, la stratégie scientifique de l'Institut se décline en quatre axes scientifiques : « Technologies d'augmentation cognitive », « Évaluations comportementales cognitives », « Cognition collective » et « Cognition et langage » pour ainsi répondre aux enjeux technologiques et sociétaux du monde de demain.



Célestin SEDOGBO

-----  
Directeur  
de l'Institut Carnot Cognition

### Construire ensemble le monde économique du futur

Le développement de la recherche contractuelle dans ce large champ thématique, souvent méconnu des entreprises, est appuyé par l'Institut Carnot Cognition dont c'est la principale mission. En effet, l'Institut a la capacité d'identifier l'intérêt stratégique que peut représenter la recherche en cognition pour les entreprises. Il facilite ensuite la mise en relation et la contractualisation avec ses laboratoires en mettant à disposition des entreprises un portail de compétences leur permettant de mieux prendre en considération les capacités humaines dans le développement de technologies et services innovants, de manière à augmenter leur potentiel d'innovation et leur compétitivité.

Coordonné par le CNRS, l'Institut Carnot Cognition regroupe 22 unités de recherche réparties à l'échelle nationale (SCALAB, Lille - LISN, Orsay et Paris-Saclay - CHArt, IJN, LSP, LSCP, ENSAD-Lab, Paris - Centre BORELLI, Paris Saclay - LaPEA, Boulogne Billancourt - COSTECH, Compiègne - LEAD, Dijon ; Gipsa-Lab, LIG, LPNC, Grenoble - IMS, Bordeaux - CeRCA, Poitiers - IRIT, CRCA, Toulouse - LIA, Avignon - LPC, LPL, LNC, Aix-Marseille).

### Une recherche partenariale de qualité pour l'innovation des entreprises

En ayant obtenu le prestigieux label Carnot délivré par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) en 2020, l'Institut Cognition s'inscrit dans un réseau unique de 39 structures de recherche publique française reconnues pour leur excellence scientifique et professionnelle ainsi que leur capacité à répondre aux besoins de R&D des entreprises.

Pour conclure, l'intention du Yearbook 2021, tout comme l'édition précédente, est d'une part de témoigner de l'intense activité scientifique au travers de quelques projets marquants propres aux quatre axes scientifiques, mais aussi d'illustrer par des exemples concrets la richesse des relations avec le monde industriel.

Au nom du CoPil et en mon nom personnel, je souhaite à toutes et à tous une bonne lecture.

# Technologies d'augmentation cognitive



6

« L'augmentation cognitive » est un champ de recherche transversal à la frontière entre les interactions Humain-Machine, la psychologie, l'ergonomie et les neurosciences. Il vise à créer des interactions innovantes permettant d'aider, de suppléer ou d'augmenter les capacités d'action et de traitement humain de l'information. La création de telles interactions vient de la capacité à mesurer en temps réel le traitement des informations et les états cognitifs des utilisateurs.

La mise au point de nouvelles interactions permet par exemple de concevoir des usages innovants, des agents conversationnels « affectifs » ou des interfaces adaptatives en fonction du profil ou du comportement d'un utilisateur.

*Véronique Lespinet-Najib (IMS) et Bernard Oriola (IRIT) - Coordinateurs scientifiques*

# Exposition à un environnement enrichi pour traiter l'addiction

Ce projet fait l'objet d'une thèse de doctorat effectuée par Lila Barillot, et est financé par la région Nouvelle Aquitaine (AAPR2020A-2019-8357510; porteur : M. Solinas).

## Contexte scientifique

L'environnement joue un rôle primordial dans la vulnérabilité aux addictions, et plusieurs études suggèrent qu'il pourrait également faire partie du traitement de l'addiction. Chez l'animal, des études ont en effet montré que l'exposition à un environnement enrichi permettait de traiter l'addiction, en favorisant l'abstinence. Cet environnement positif combine des stimulations sensorielles, cognitives, sociales et physiques complexes. Une des clés de l'efficacité de l'environnement enrichi pourrait être d'assurer plusieurs stimulations en même temps. Un défi majeur est de pouvoir transposer ces avantages thérapeutiques à une population clinique présentant une dépendance.

## Méthode

L'exposition des patients addicts à un environnement enrichi repose sur deux outils innovants, combinant plusieurs types de stimulations. Le premier outil permet une pratique de la pleine conscience dans des environnements virtuels multisensoriels. Le patient est dans une cabine qui génère des odeurs, des sons, de l'air et de la chaleur aux moments appropriés pendant l'exploration en pleine conscience d'un environnement de réalité virtuelle. Le second outil est le vélo-cognitif, composé d'un pédalier et d'une tablette tactile, il permet d'allier activité physique et exercices d'entraînement cognitif. Outre les stimulations sensorielles et physiques, la pratique de la pleine conscience et les exercices cognitifs ciblent les fonctions exécutives, altérées dans l'addiction.

## Résultats attendus

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'une nouvelle stratégie thérapeutique pour réduire les envies impérieuses de consommer la drogue (craving) et les rechutes. Les séances d'exposition à l'environnement enrichi, via la présentation de stimulations multimodales, devraient permettre de réduire le craving des patients.



## Discussion

Face à des taux de rechute élevés, la recherche de nouvelles interventions thérapeutiques en addictologie répond à un besoin de traiter efficacement l'addiction en favorisant l'abstinence à long terme. L'effet de l'enrichissement environnemental multidimensionnel sur le craving n'a encore jamais été étudié chez l'homme à notre connaissance. Cet environnement enrichi devrait permettre de présenter des stimulations gratifiantes alternatives à la prise de drogue, tout en entraînant les processus cognitifs et affectifs dérégulés dans l'addiction. Il devrait ainsi fournir un apprentissage qui pourra être réutilisé dans d'autres contextes, notamment les situations à risque de rechute. Cette étude transdisciplinaire devrait permettre de mieux comprendre les composants nécessaires à l'enrichissement environnemental chez l'homme, et le potentiel de cette stratégie pour traiter l'addiction.

### Pour aller plus loin

- Solinas M., Thiriet N., Chauvet C., & Jaber M. (2010). *Prevention and treatment of drug addiction by environmental enrichment. Progress in Neurobiology*, 92(4), 572–592.  
<https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2010.08.002>  
Solinas M., Chauvet C., Lafay-Chebassier C., Jaafari N., & Thiriet N. (2021). *Environmental enrichment-inspired pharmacological tools for the treatment of addiction. Current Opinion in Pharmacology*, 56, 22–28  
Chauvet C., Goldberg S. R., Jaber M., & Solinas M. (2012). *Effects of environmental enrichment on the incubation of cocaine craving. Neuropharmacology*, 63(4), 635–641.  
Galaj E., Barrera E. D., & Ranaldi R. (2020). *Therapeutic efficacy of environmental enrichment for substance use disorders. Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 188, 172829.

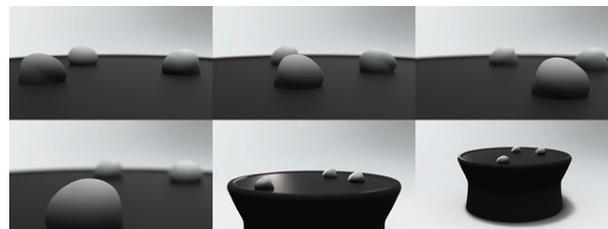
## Contexte scientifique

Les Apprenants est un projet de recherche en design mené par des équipes pluridisciplinaires d'Orange Innovation et d'EnsadLab (le laboratoire de l'École des Arts Décoratifs, Paris). Suivant une démarche expérimentale qui articule les sciences cognitives, l'anthropologie, la robotique et les sciences de l'informatique (machine learning) avec le design objet et d'interaction, ce projet vise à explorer de nouvelles modalités relationnelles entre les humains et nos environnements robotisés et augmentés par les techniques de l'intelligence artificielle. Si nos objets du quotidien peuvent se voir dotés de facultés de mouvement et d'apprentissage, d'action et de réaction, d'une dimension comportementale, comment concevoir de nouvelles relations avec ces artefacts robotisés mais, aussi, entre eux ? Ces travaux s'inscrivent dans un champ de recherche sur les « objets à comportements » en se focalisant plus précisément sur la façon dont on peut rendre compte du processus d'apprentissage automatique (IA) par le mouvement d'un objet - et, plus spécifiquement, grâce à son rythme - et par la façon dont cet apprentissage peut être partagé avec des humains ou avec d'autres objets apprenants.

## Méthode

Pluridisciplinaire, mais conduit par le design, ce projet adopte une méthode empirique itérative, en produisant rapidement de premiers prototypes à expérimenter, à partir desquels il est possible de réfléchir et de concevoir de nouveaux développements, selon les points de vue des différentes disciplines impliquées. Fondamentalement basée sur la pratique, cette approche de recherche et de création va mener progressivement à la production d'un instrument permettant des expériences pour et avec des publics, des expériences qui donnent lieu à des études en sciences cognitives prenant particulièrement en compte la dimension esthétique, l'interaction sensible non verbale. Ce dispositif instrumental se présente alors sous la forme d'un large socle circulaire anthracite. Trois objets se déplacent irrégulièrement à sa surface ainsi devenue scène. Chaque objet bouge suivant des mouvements porteurs d'intentionnalité, comme animé d'une volonté d'explorer son environnement en même temps que d'un désir de relation voire de synchronisation avec ses congénères. Tous de même forme, ces objets composent ensemble différents scénarios comportementaux en cherchant à apprendre les uns des autres, grâce à un programme basé sur de l'apprentissage machine. Leurs mouvements apparaissent d'autant plus rythmés qu'ils sont sonorisés, en particulier par l'espace vibratoire du socle générant alors un environnement sonore quasi-musical, voué à être partagé par les objets comme par le public. En effet, rompant avec l'autonomie du système, le

public est - lors de sessions dédiées -, invité à interagir avec ces objets via le bord de scène qui s'offre alors comme un instrument à percussion.



## Résultats principaux

C'est un dispositif instrumental qui a été élaboré pour expérimenter de tels « objets à comportements », misant sur une dimension originale qui permet d'associer étroitement le mouvement et le son : la vibration, l'espace vibratoire comme système de communication et d'interaction.

## Discussion

À l'ère de la robotisation croissante de nos sociétés comme de la nécessaire prise en compte de l'agentivité des acteurs non-humains, Les Apprenants propose de faire l'expérience d'objets à comportements, de partager la perception de « l'animacy » (intentionnalité et personnalité) de ces objets, selon des modalités relationnelles originales, au sein d'un espace vibratoire. Suivant une approche de recherche et de création pluridisciplinaire instrumentale, ce projet fait émerger des méthodes et des outils pour construire le champ du « design de l'agentivité », pour de nouvelles relations à nos environnements.

### Pour aller plus loin

---

Joffrey Becker, Samuel Bianchini, Hugo Scurto, Elena Tosi Brandi, *Picking Up Good Vibrations: Designing an Experimental Setup to Assess the Role of Vibrations in Human-Robot Interaction* présenté et publié dans le cadre de Sentimental Machines, ICRA-X Robotic Art Program, ICRA 2021 - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 4 juin 2021.  
<https://roboticart.org/icra2021>

Samuel Bianchini et Emanuele Quinz (sous la dir.), *Behavioral Objects I : Céleste Boursier-Mougenot, a Case Study*, Berlin / New York, Éd. Sternberg, 2016, distribué par MIT Press.

*Les Apprenants v.01, At Home - Panorama de nos vies domestiques*, 12<sup>ème</sup> Biennale internationale de design, Bifurcations - Choisir l'essentiel, Cité internationale du design, Saint-Étienne, 6 avril - 31 juillet 2022.  
<https://biennale-design.com>

# Logiciel de synchronisation de données oculaires et électroencéphalographiques



## Contexte scientifique

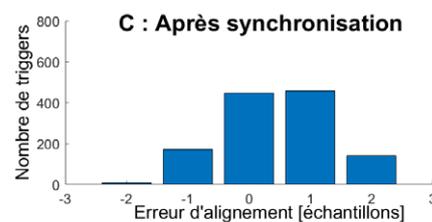
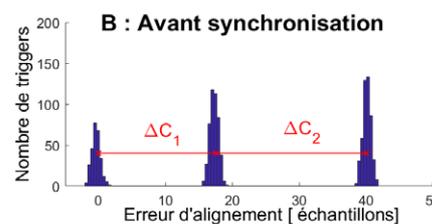
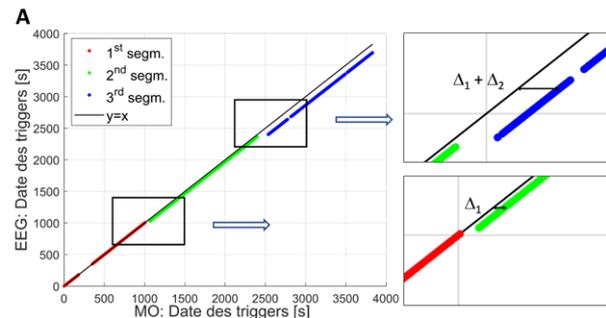
Alors que les mouvements oculaires (MO) sont une source de bruit importante pour les signaux électroencéphalographiques (EEG), ils en apportent néanmoins une information enrichissante. Cependant, pour utiliser les méthodes conjointes d'analyse des signaux EEG et oculaires, il est nécessaire de pouvoir disposer des signaux issus des deux modalités qui soient synchronisés sur une même référence temporelle.

## Méthode

En utilisant des dispositifs distincts d'enregistrement, il faut définir une référence de temps commune nécessaire à la synchronisation afin de compenser les décalages d'horloge. Les signaux seront alors rééchantillonnés à la même fréquence. Ainsi les signaux oculaires comme la position, la vitesse et la taille de pupille seront rajoutés aux signaux EEG comme des canaux supplémentaires. La méthode usuelle est de disposer de séquence de «triggers» identiques dans les deux modalités. Il faut alors les mettre en correspondance par un algorithme de recherche de la plus longue sous-séquence commune, puis les aligner temporellement par des régressions linéaires par morceaux. Il en résulte une méthode de synchronisation, automatique et permettant à l'expérimentateur, l'usage de pauses afin de réduire par exemple la taille des données enregistrées.

## Résultats principaux

Illustrons les résultats sur un jeu de données dont l'enregistrement est entrecoupé de deux pauses. Après la mise en correspondance des triggers, on observe les décalages temporels entre leur date d'apparition dans chaque modalité (Figures A, B). Après synchronisation, on observe (Figure C) que la distribution de l'erreur d'alignement entre les deux modalités est bien recentrée et que son support est limité à  $\pm 2$  échantillons du fait des arrondis de calcul.



(A) Représentation conjointe des dates de chaque trigger commun avant synchronisation ; Histogramme des erreurs d'alignement (B) avant synchronisation, (C) après synchronisation.

## Discussion

Le logiciel développé est une application DOS écrite en langage C++. L'intérêt de cette solution par rapport à la synchronisation proposée par EEGLAB (EYE-EEG Toolbox) est qu'elle ne nécessite aucun environnement particulier pour son exécution, qu'elle est entièrement automatique et qu'elle permet à l'expérimentateur, l'usage de pauses pour réduire la taille des données enregistrées. La version actuelle est disponible via un lien Zenodo (<http://doi.org/10.5281/zenodo.4897128>) qui comporte un guide d'utilisation, les codes sources, le code exécutable et des fichiers de données d'exemple. Cette version est restreinte à des données oculaires provenant d'un oculomètre de type EyeLink (SR Research).

### Pour aller plus loin

---

Ionescu G., Frey A., Guyader N., Kristensen E., Andreev A. & Guérin-Dugué A. (2021). *Synchronization of acquisition devices in neuroimaging: An application using co-registration of eye movements and electroencephalography*. Behav Res Methods. doi: 10.3758/s13428-021-01756-6.

## Contexte scientifique

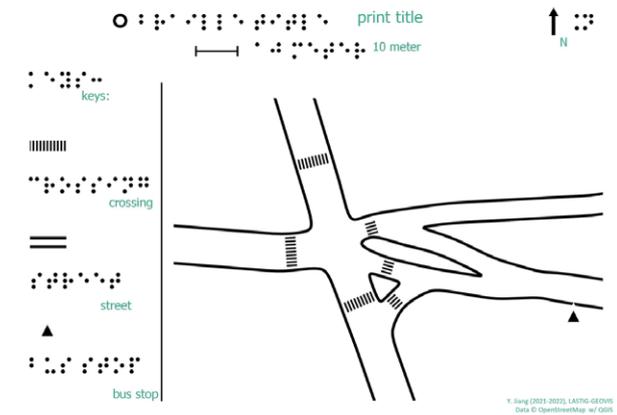
L'appropriation de l'espace urbain est un élément essentiel pour améliorer l'autonomie des personnes avec déficiences visuelles (PDV), pour qui la connaissance géographique et les déplacements en extérieur constituent une difficulté majeure. La représentation synthétique par une carte est essentielle à cette démarche de conceptualisation. Cependant, l'accès aux cartes géographiques est insuffisant pour les PDV, notamment parce que leur fabrication repose sur une approche artisanale, pratiquée par des professionnels en nombre insuffisant pour couvrir les besoins réels. Toutefois, la généralisation des données ouvertes et collaboratives, combinée à la diversification des moyens pour produire des artefacts physiques de données numériques constituent deux éléments clés pour envisager l'informatique comme un outil efficace d'aide à la conception de cartes en relief multimodales pour les PDV.

## Méthode

L'exploration et la compréhension d'une carte par un PDV est basée sur une représentation multimodale (contrastée, tactile, auditive) qui doit être adaptée à ses capacités. Aujourd'hui, grâce à la disponibilité de données ouvertes et collaboratives, combinée à la diversification des moyens de production d'artefacts physiques augmentés d'interactions adaptées, il est possible d'envisager le développement d'un ensemble de méthodes et d'outils spécialisés pour concevoir des cartes interactives multimodales de manière semi-automatique. Ce travail de recherche s'appuie sur une approche interdisciplinaire et participative entre l'informatique, l'IHM, les sciences cognitives, la géomatique, les professionnels de la basse vision et les PDV.

## Résultats principaux

ACTIVmap vise à faciliter la tâche des producteurs de cartes en réduisant le niveau de technicité et le temps nécessaire au processus de conception. Les résultats obtenus dans le cadre du projet ACTIVmap aideront à développer des produits innovants, en abordant l'espace public en général, y compris les complexités spécifiques telles que les lieux ouverts ou les carrefours complexes.



Carte d'un carrefour adaptée de façon automatique en tenant compte des contraintes liées à la production de documents tactiles et des compétences de l'utilisateur déficient visuel.

## Discussion

Eloïse est non-voyante et doit se rendre à Toulouse pour une formation professionnelle de deux semaines. Elle aimerait comprendre l'organisation de cette ville qu'elle ne connaît pas, mais aussi se rendre à pied depuis l'hôtel où elle va loger jusqu'au lieu de la formation qui n'est pas très loin. Elle aimerait éventuellement flâner dans ce quartier nouveau pour elle. Avec l'aide de son ami voyant, elle va imprimer deux cartes en relief interactives. Tout d'abord, celle de la ville de Toulouse qui lui montre la place du Capitole, l'organisation des arrondissements et quartiers, les deux lignes de métro, ainsi que la localisation des principaux bâtiments historiques. Ensuite elle va imprimer celle du quartier qui entoure l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse où aura lieu la formation. Grâce aux interactions ajoutées à ces deux cartes en relief, elle peut déclencher de nombreuses descriptions verbales concernant ces lieux et passer de l'une à l'autre de ces cartes sans problème. Elle pourra aussi partir avec une carte en relief dans son sac si elle le désire.

### Pour aller plus loin

---

<https://activmap.limos.fr>

Partenaires :

- LIMOS, Université Clermont Auvergne/CNRS
- IRIT-Cherchons pour Voir, Université Toulouse 3/CNRS
- GeoVIS, IGN
- Entreprise FeelObject

# Finger-tracker

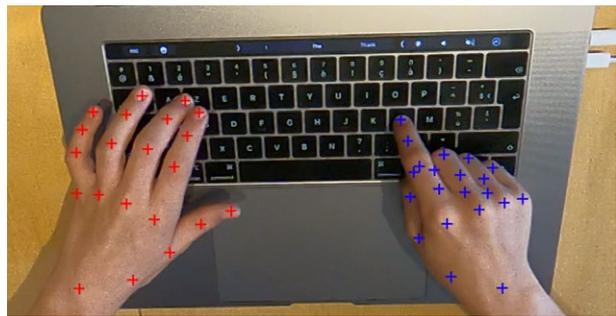
## Caractérisation, construction et validation d'une chaîne d'enregistrement et de traitements vidéo pour l'étude des mouvements des doigts lors d'une tâche d'écriture au clavier

### Contexte scientifique

L'écriture au clavier est une activité complexe car elle met en jeu des capacités cognitives et sensorimotrices variées : reconnaissance ou récupération de mots, mémoire à court terme, programmation motrice, appui sur les touches, feedback sensoriel. Elle est principalement étudiée chez les participants experts afin de garantir un faible niveau de variabilité des mouvements liés aux appuis, variabilité tant intra- qu'inter-individuelle. Cependant, en l'absence d'un système de mesure du mouvement indépendant, la stabilité du geste d'écriture et le degré de recouvrement temporel entre les frappes successives ne peuvent pas être évalués. Pour remédier à ce problème, des développements récents en vision computationnelle et en traitement du langage naturel peuvent être utilisés dans la construction d'un système de détection des mouvements des doigts.

### Méthode

Finger-tracker repose sur l'utilisation conjointe de 3 outils distincts dans une chaîne de traitements automatiques. Le premier outil mesure les mouvements des mains par la détection dans un flux vidéo du squelette des mains, c'est-à-dire la position spatiale des articulations du poignet jusqu'au bout des doigts. Le second outil mesure, dans le même flux vidéo, la position physique des touches du clavier ainsi que l'identité de ces touches repérée par les lettres et chiffres figurant sur celles-ci. Enfin, le troisième outil est un outil qui mesure le temps de la frappe au clavier de l'ordinateur ainsi que l'identité de la touche frappée. La mise en place de ces 3 outils dans une chaîne de mesure intégrée doit être robuste, notamment pour s'accommoder par exemple des différentes sources vidéo d'entrées possibles ainsi qu'une qualité d'éclairage de la scène variable entre les séquences d'acquisition.



Ci-dessus : L'enfant ne frappe de la main droite qu'avec son index dont la dernière phalange est bien repérée. Bien que repliés sur eux-mêmes, la position des repères des autres doigts est inférée et, on suppose, bien définie. Sur la totalité de la séquence vidéo, les doigts repliés de la main droite ne servent jamais à écrire.  
À gauche : L'identité des lettres sur les touches est correctement définie, sauf pour la touche X. Les touches comportant d'autres symboles que des lettres majuscules sont bien exclues, le contour des touches repéré correctement et bien dessiné.

### Résultats principaux

Tant pour un flux vidéo issu d'une webcam, d'un smartphone que d'une actioncam, les premiers résultats mesurés au laboratoire sont conformes aux attentes. Le squelette de la main est en effet identifié, les lettres du clavier sont repérées et les temps d'appuis sont bien enregistrés. L'utilisation conjointe de ces trois sorties peut être abordée dans de bonnes conditions.

### Discussion

Le principe d'un nouvel outil de mesure du comportement, Finger-tracker, est validé. Cet outil met en jeu les développements récents de la vision computationnelle (extraction du squelette de la main dans une image) et du traitement du langage naturel (extraction de texte dans une image). Nous pouvons d'ores et déjà envisager son utilisation dans un contexte autre que celui de la mesure scientifique. Finger-tracker pourrait ainsi être utile dans l'apprentissage de l'écriture à l'école, avec un retour vidéo des résultats donnés aux enfants pour leur permettre de mieux écrire ; ou bien dans un cabinet d'orthophonie pour aider au diagnostic et à la remédiation des problèmes liés au langage.

#### Pour aller plus loin

---

Scaltritti, M., Alario, F. X., & Longcamp, M. (2018). *The scope of planning serial actions during typing*. *Journal of cognitive neuroscience*, 30(11), 1620-1629.

Swift, E. J. (1909). *Review of The Psychology of Skill, with Special Reference to Its Acquisition in Typewriting [Review of the book The psychology of skill, with special reference to its acquisition in typewriting, by W. F. Book]*. *Psychological Bulletin*, 6(7), 240-241.  
<https://doi.org/10.1037/h0066735>

# Réalité virtuelle et comportement utilisateur

## Contexte scientifique

La réalité virtuelle est un outil toujours plus présent dans nos vies contemporaines, tant dans le contexte d'activités ludiques que professionnelles ou encore de santé. Toutefois, son utilisation n'est pas sans conséquence sur le comportement. En effet, l'incorporation d'un avatar comme représentation identitaire de l'utilisateur dans l'environnement virtuel, peut conduire à présenter des attitudes et/ou mettre en place des comportements cognitifs, émotionnels ou moteurs conformes aux attentes envers les caractéristiques de l'avatar (e.g., âge, morphologie, genre, origine ethnique etc.). Le projet développé au LPNC au sein de l'équipe Corps & Espace ambitionne d'une part d'évaluer l'impact de l'incorporation d'avatars sur le comportement moteur de l'utilisateur et d'approfondir la compréhension des mécanismes en jeu dans cet effet, appelé effet Proteus.



Représentation de l'avatar tel que perçu en perspective à la première personne et en miroir. Un second avatar est systématiquement présent afin de contrôler tout effet d'amorçage. Seul l'un des deux avatars dans la scène virtuelle est couplé aux mouvements (tête, bras) de l'utilisateur.



Tâche d'imagerie motrice : déplacement vers une chaise dans un couloir virtuel. Perspective ici en 3ème personne (vue externe de l'environnement virtuel).

## Méthode

Nous avons développé un paradigme d'immersion de l'utilisateur dans un avatar corps entier. Les mouvements de l'avatar peuvent être couplés aux mouvements de l'utilisateur grâce à un système de capture du mouvement. Les caractéristiques de l'avatar et sa proximité par rapport à l'utilisateur sont manipulables à loisir tant pour ce qui concerne les compétences motrices représentées (stéréotypes négatifs quant aux compétences motrices de l'avatar), la perspective (1ère ou 3ème perspective) ou encore le couplage entre mouvement de l'utilisateur et de l'avatar. L'impact de cette immersion est mesuré sur les compétences locomotrices de l'utilisateur, compétences évaluées par le biais d'une tâche d'imagerie motrice.

## Résultats principaux

Nous avons mis en évidence l'intérêt du paradigme au travers d'expérimentations permettant de mesurer l'impact de l'incorporation d'avatars associés à des stéréotypes négatifs relatifs aux compétences motrices. En effet, les utilisateurs tendent à adapter leur comportement locomoteur (en imagerie motrice) en cohérence avec leur stéréotypes négatifs vis-à-vis des avatars incorporés (avatar âgé : Beaudoin et al 2020, avatar obèse : Dupraz et al 2022).

## Discussion

Le paradigme développé permet de manipuler de nombreux facteurs de proximité utilisateur / avatar et tester leur impact sur le comportement utilisateur. Il nous ouvre des perspectives sur la compréhension fine des mécanismes cognitifs en jeu dans l'effet Proteus.

### Pour aller plus loin

---

Beaudoin M, Barra J, Dupraz L, Mollier-Sabet P, Guerraz M (2020) *The impact of embodying an "elderly" body avatar on motor imagery*. *Experimental Brain Research*. 238: 1467–1478.  
<https://doi.org/10.1007/s00221-020-05828-5>.

Dupraz L, Barra J, Beaudoin B, Guerraz M (2022). *Impact of an overweight body representation in virtual reality on locomotion in a motor imagery task*. *Psychological Research*.  
<https://doi.org/10.1007/s00426-022-01675-x>

# Décoder l'imagination musicale à partir d'enregistrements EEG



## Contexte scientifique

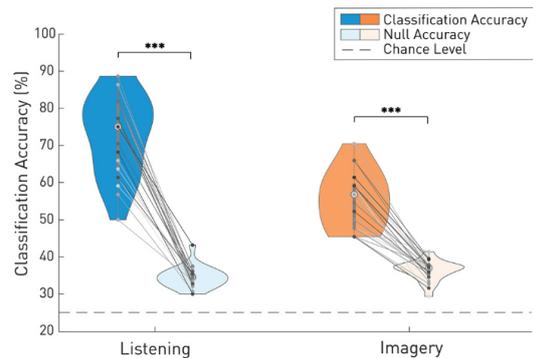
L'imagination musicale est l'écoute interne et volontaire de la musique sans besoin d'action physique ou de stimulation externe. De nombreuses études ont déjà révélé les zones du cerveau activées pendant l'imagination. Cependant, on ne sait toujours pas dans quelle mesure les réponses cérébrales de l'imagination contiennent une dynamique temporelle suffisamment détaillée pour permettre un décodage précis.

## Méthode

Dans cette étude, nous avons recueilli des données EEG de 21 musiciens professionnels qui ont écouté passivement et imaginé activement quatre chorals de Bach tout en étant synchronisés à un métronome tactile. Nous avons ensuite utilisé des techniques de régression hors ligne (TRF) pour prédire le signal EEG à partir de caractéristiques extraites des stimuli (acoustique et attente mélodique). Un algorithme de classification a été développé pour régresser les quatre stimuli à tous les essais EEG et à choisir la meilleure prédiction pour décider quelle chanson était écoutée/imaginée pendant l'essai. Un null-model a été calculé en mélangeant l'identité des chansons pour évaluer la significativité.

## Résultats principaux

Nous montrons qu'il est possible de décider quelle chanson les participants imaginaient/écoutaient juste en analysant leurs enregistrements EEG. La précision moyenne était de 76% pour les essais d'écoute et de 58% pour les essais d'imagination et largement supérieure au null-modèle pour chaque participant.



Précision de la classification des pièces. Les prédictions EEG pour les débuts de note et les attentes mélodiques ont été combinées pour déterminer quelle chanson était écoutée ou imaginée. Les données sont présentées pour chaque participant et indiquent la signification globale. Le modèle nul a été calculé à partir des données mélangées aux étiquettes.

## Discussion

Cette étude montre qu'il est possible d'utiliser des enregistrements EEG pour classifier la chanson que les participants imaginent. Ceci est d'un grand intérêt pour les interfaces cerveau-ordinateur. De tels algorithmes pourraient être adaptés en temps réel et utilisés avec des personnes souffrant de troubles du langage afin de les aider à communiquer ce qu'ils ressentent. Notre laboratoire travaille actuellement sur une version vocale de ce paradigme qui pourrait être directement appliquée à la rééducation.

### Pour aller plus loin

---  
*The music of Silence. Part I: Responses to Musical Imagery Encode Melodic Expectations and Acoustics*, Guilhem Marion, Giovanni Di Liberto, Shihab Shamma, 2021, JNeurosci.

*The music of silence. Part II: Cortical Predictions during Silent Musical Intervals*, Giovanni Di Liberto, Guilhem Marion, Shihab Shamma, 2021, JNeurosci.

*Accurate Decoding of Imagined and Heard Melodies*, Giovanni Di Liberto, Guilhem Marion, Shihab Shamma, 2021, Frontiers in Neuroscience.

# Évaluations comportementales cognitives

14



Les évaluations comportementales cognitives constituent le socle méthodologique des sciences cognitives permettant d'observer, d'étudier, de comprendre, de caractériser et le cas échéant de simuler les mécanismes sous-tendant le fonctionnement mental de l'homme, en interaction avec son environnement. Les évaluations comportementales cognitives s'appuient sur un ensemble de connaissances, de méthodes expérimentales, de mesures (quantitatives et qualitatives) et d'instrumentations issues d'une diversité de disciplines : psychologie, biologie, neurosciences, médecine, mathématiques, informatique, traitement du signal, linguistique, sciences de la communication, sciences de l'éducation, anthropologie cognitive, philosophie, etc.

Les méthodologies de mesure incluent des mesures subjectives, comportementales (e.g. mesures de performance, mesures non verbales et verbales, etc.), de psychophysique, d'oculométrie ainsi que des mesures de physiologie périphérique (ECG, activité électrodermale, EMG, EOG...) et d'imagerie cérébrale (EEG, NIRS, IRMf, MEG, électrophysiologie, etc.). À ces outils de mesures s'ajoutent d'autres méthodologies de traitement du signal, de modélisation et de statistiques avancées (classifications, machine learning, etc.).

Aurélie Campagne (LPNC) et Nathalie Guyader (GIPSA Lab) - Coordinatrices scientifiques

# Modularité de l'adaptation visuomotrice

## Contexte scientifique

Adapter nos mouvements de main à des changements de notre corps ou de notre environnement est central pour notre dextérité, tout comme l'est notre capacité à combiner des apprentissages obtenus dans des contextes distincts. Pour autant il a été montré que l'adaptation successive à des perturbations visuomotrices pouvait conduire à des phénomènes d'interférence. Dans ce projet, on se propose d'étudier dans quelle mesure ces effets d'interférence sont susceptibles de compromettre notre capacité à s'adapter à une perturbation qui résulte de la superposition de deux perturbations.

## Méthode

A l'aide d'un joystick, les participants devaient poursuivre une cible visuelle qui bougeait selon une trajectoire aléatoire (Figure 1). Quatre groupes de participants ont effectué un bloc de 50 essais selon trois conditions possibles : une dans laquelle le curseur était biaisé en direction de 90° (ROTATION), une dans laquelle le curseur mimait une relation élastique avec la main (SPRING), et une dans laquelle SPRING et ROTATION étaient superposés (SPROT). L'ordre des blocs changeait en fonction des groupes (Figure 2).

## Résultats principaux

Bien que des effets d'interférence ont été observés entre SPRING et ROTATION, les participants ayant fait ces blocs en premier ont eu de meilleures performances en SPROT que les participants n'ayant eu aucun entraînement préalable avec SPRING et ROTATION (i.e., composition). En outre, les participants ayant commencé avec SPROT ont eu de meilleures performances en SPRING et ROTATION que les participants n'ayant eu aucun entraînement avec chacune de ces deux perturbations (i.e., décomposition).

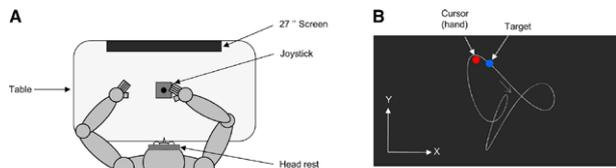


Figure 1. A: Vue schématique du dispositif expérimental. B: Exemple de trajectoire de la cible mobile et du curseur sur l'écran. Attention la trajectoire blanche (en pointillés) n'était pas visible pour le sujet.

	10 trials	50 trials	50 trials	50 trials	10 trials	
Compose	Group 1	Normal	Spring	Rotation	Sprot	Normal
	Group 2	Normal	Rotation	Spring	Sprot	Normal
Decompose	Group 3	Normal	Sprot	Spring	Rotation	Normal
	Group 4	Normal	Sprot	Rotation	Spring	Normal

Figure 2. Plan expérimental. Chaque boîte représente un bloc d'essai avec son nombre d'essai. La condition Sprot correspond à la superposition des perturbations SPRING et ROTATION.

## Discussion

La capacité de composer/décomposer des tâches est essentielle à la fois d'un point de vue cognitif et comportemental. Notre étude montre que cette capacité s'étend aux adaptations visuomotrices mises en jeu lors de mouvements visuellement guidés. Bien que nous observions la présence d'interférences entre SPRING et ROTATION, il apparaît que les participants soient en mesure de composer/décomposer de façon flexible les connaissances acquises dans les blocs précédents. Ces résultats démontrent un peu plus la flexibilité de l'adaptation sensorimotrice chez l'homme.

### Pour aller plus loin

---

P.M. Bernier J. Mathew, F.R. Danion (2021). *Composition and decomposition of visuomotor maps during manual tracking*. *Journal of Neurophysiology* 126(5) 1685-1697  
<https://doi.org/10.1152/jn.00058.2021>

<https://cerca.labo.univ-poitiers.fr/dispositif-experimental-hand-eye/>

# Surveiller la santé cognitive des abeilles à l'aide de « fleurs connectées »

## Contexte scientifique

Les insectes pollinisateurs assurent un service écosystémique vital pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Il est par conséquent essentiel de les protéger. Les recherches en écotoxicologie et neurosciences montrent que ces insectes sont affectés par un grand nombre de facteurs de stress environnementaux, comme les pesticides ou les pathogènes, qui ne les tuent pas directement à faibles doses d'exposition mais réduisent considérablement leurs capacités cognitives (Klein et al. 2017). Une abeille qui ne peut plus s'orienter correctement ou reconnaître les fleurs à butiner ne peut plus nourrir ses larves, mettant ainsi en péril toute la population. L'objectif de notre projet est de développer une méthode pour surveiller la santé cognitive des abeilles. Cela nous permettra de mieux comprendre la diversité cognitive naturelle de ces insectes et la façon dont celle-ci est affectée par la dégradation de l'environnement.

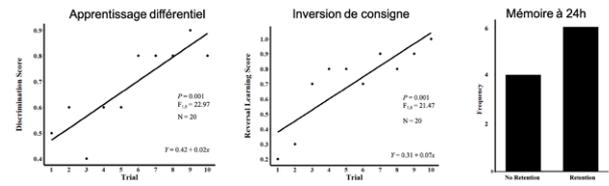


Figure 1 : Pourcentage des bourdons répondant au bon stimulus visuel dans une tâche d'apprentissage différentiel, d'inversion de consigne, et de mémoire à 24h. N = 20 bourdons.

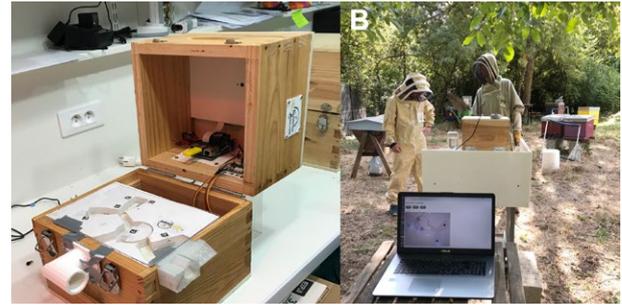


Figure 2 : A. Prototype de fleur connectée utilisée en laboratoire pour étudier la cognition des bourdons. La fleur est ouverte laissant apparaître le labyrinthe en Y. B. Fleur connectée déployée sur le terrain pour étudier les capacités cognitives des abeilles sauvages. Le flux de données en direct est montré sur un ordinateur.

## Méthode

Sur le modèle des ruches connectées (Marchal et al. 2019), nous avons développé un test cognitif automatisé permettant de répliquer sur le terrain les expériences de conditionnement visuel réalisées en routine au laboratoire sur les abeilles. Cette « fleur connectée » est un labyrinthe en Y dans lequel un insecte peut pénétrer et obtenir une goutte d'eau sucrée en apprenant une association entre une couleur (ou une combinaison de couleurs) et la récompense (Figure 1). L'insecte qui se pose sur la fleur est reconnu par une caméra connectée à un lecteur de tag numéroté porté par l'insecte. Une fois la reconnaissance effectuée, la caméra active une porte qui laisse entrer l'insecte dans le labyrinthe. Après le test, l'insecte est libéré et le résultat est ensuite envoyé à un serveur informatique. Un autre insecte peut ensuite venir se faire tester.

## Résultats principaux

Nous avons validé notre approche en réalisant des expériences de conditionnement avec des bourdons en laboratoire (Figure 2). Les bourdons ont appris à associer une couleur à une récompense sucrée et une autre couleur à l'absence de récompense, l'association inverse, et s'en rappellent pendant au moins 24h. Nous avons également obtenu des résultats préliminaires sur des abeilles et des frelons sauvages en milieu naturel.

## Discussion

Nous avons développé un nouveau capteur pour mesurer la santé cognitive des abeilles en milieu naturel. Ce système automatisé permet d'obtenir des données inédites sur de très grands nombres d'individus et sur des temps longs pour comprendre de manière fine, l'impact de l'environnement sur la cognition des insectes. Cette approche va également permettre une recherche comparative des capacités cognitives chez plusieurs espèces sauvages (Cauchoix et al. 2017). La fleur connectée est un outil de recherche fondamental pour mieux comprendre la variabilité cognitive des insectes et leur résilience aux facteurs de stress. Elle sera également destinée aux apiculteurs et aux décideurs pour estimer localement la santé des populations d'abeilles et la qualité de l'environnement.

### Pour aller plus loin

Cabirol A et al. (2021) *Considering variance in pollinator responses to stressors can reveal potential for resilience*. bioRxiv doi: 10.1101/2021.12.24.474118

Marchal P et al. (2020) *Automated monitoring of bee behaviour using connected hives: Towards a computational apidology*. *Apidologie* 51:356-368.

Cauchoix M. et al. (2018) *The repeatability of cognitive performance: A meta analysis*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 373:20170281.

Klein S et al. (2017) *Why bees are so vulnerable to environmental stressors*. *Trends in Ecology & Evolution* 32:268-278.

# THERADIA :

## Thérapies Digitales Augmentées par l'Intelligence Artificielle



### Contexte scientifique

La médecine moderne repose sur une approche Préventive, Personnalisée, Participative et Prédicative (alias médecine 4P), où le numérique joue un rôle clé. C'est notamment le cas pour la remédiation cognitive, qui est une thérapie numérique basée sur des exercices de stimulation interactifs proposés aux personnes souffrant de troubles cognitifs. L'efficacité de ces nouveaux traitements, peut être grandement améliorée si les patients peuvent les poursuivre à domicile, sans avoir à se rendre à l'hôpital. Cependant, la réalisation de certaines séances en autonomie, où les patients sont laissés à eux-mêmes, peut rendre difficile l'adhésion au traitement, ce qui constitue un enjeu majeur. Une possibilité d'augmenter l'adhésion au traitement est d'accompagner les patients tout au long de la thérapie.

### Méthode

C'est l'objet de THERADIA, un projet de 5 ans qui vise à développer un assistant virtuel constituant le relais et l'interface entre le patient et le thérapeute. Suivant le chemin de l'informatique affective, un tel assistant doit être capable de non seulement être sensible aux émotions et au bien-être général des patients, mais aussi d'y répondre de manière appropriée. Nous avons conçu l'architecture d'un tel agent, fonctionnant comme une visioconférence, et incluant des modules spécifiques conduits par les données pour analyser les expressions du patient et générer des réponses appropriées. Nous avons aussi conçu un cadre expérimental pour collecter des données d'interaction pertinentes auprès de notre population d'intérêt. L'assistant virtuel est ici piloté en temps réel par un agent humain, qui est filmé par une caméra de haute qualité ; les mouvements de la tête, le regard, la parole et l'articulation du pilote sont capturés pour animer l'assistant dont le rendu est projeté sur l'écran du patient.

### Résultats principaux

Le projet THERADIA est structuré en trois phases principales : (i) initialisation, (ii) collecte de données réelles et optimisation, et (iii) étude clinique. Après deux ans de travail, la phase d'initialisation a conduit à la conception de l'expérience Magicien d'Oz, et à la collecte de données expérimentales auprès de 104 sujets différents qui sont actuellement utilisées pour entraîner et optimiser les différents modules composant notre architecture (Fig. 1).

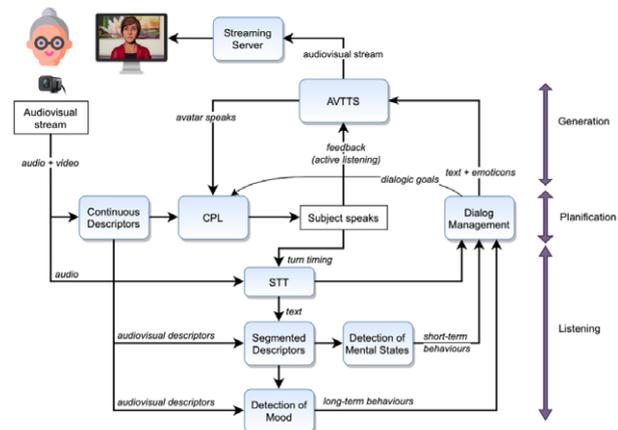


Figure 1 : Organigramme du système THERADIA conçu pour accompagner les patients souffrant de troubles cognitifs lors des thérapies numériques ; CPL : content process layers, STT : speech-to-text, AVTTS : audiovisual text-to-speech synthesis.

### Discussion

Les défis à relever pour la mise en œuvre et l'acceptabilité à long terme d'une telle technologie sont nombreux. Le système Magicien d'Oz remplit un double objectif : évaluer de manière itérative des dialogues scriptés et fournir des composants entraînaux (gestion des tours, dialogue, écoute active, TTS, STT, etc.) avec des comportements conformes à la réalité du terrain. « Que faire » (dire est l'action principale mais non exclusive que le système peut effectuer) et « Comment le faire » sont des problèmes doubles pour l'agent. Le pilote humain identifie en permanence les défaillances de la gestion du dialogue et ses phases d'improvisation sont constamment envisagées afin d'améliorer la capacité de l'assistant virtuel à agir et interagir de manière appropriée avec le patient.

#### Pour aller plus loin

---  
Franck Tarpin-Bernard, Joan Fruitet, Jean-Philippe Vigne, Patrick Constant, Hanna Chainay, Olivier Koenig, Fabien Ringeval, Béatrice Bouchot, Gérard Bailly, François Portet, Sina Alisamir, Yongxin Zhou, Jean Serre, Vincent Delerue, Hippolyte Fournier, Kevin Berenger, Isabella Zsoldos, Olivier Perrotin, Frédéric Elisei, Martin Lenglet, Charles Puaux, Léo Pacheco, Mélodie Fouillen, and Didier Ghenassia. *THERADIA: Digital Therapies Augmented by Artificial Intelligence. In Proceedings of the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics: Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering*, pages 478–485, New York, USA, August 2021. Springer.

# Évaluation des paramètres de perception-décision-action dans le contrôle et l'adaptation du mouvement

## Application à la rééducation et à l'ergonomie basée sur la RV interactive

### Contexte scientifique

Les environnements interactifs basés sur la réalité virtuelle (RV) pour l'apprentissage de tâches techniques en ergonomie ou le réapprentissage du geste en rééducation imposent de prendre en compte les processus adaptatifs qui contrôlent la boucle perception-décision-action lorsqu'un comportement moteur précis est requis. Pour un opérateur ou un patient placé dans une telle situation de contrôle de l'action, les paramètres immersifs réglables doivent être spécifiés en termes de niveaux de contraintes et de perturbations imposés au traitement de l'information, à la prise de décision et au contrôle du mouvement. Cela signifie qu'il faut définir les critères de difficulté de la tâche, et en mesurer les effets sensoriels et cognitifs sur le contrôle de l'action, en tenant compte de la performance comportementale attendue. L'objectif de notre proposition est (1.) d'identifier les processus sensorimoteurs et cognitifs qui caractérisent le comportement interactif lorsque des situations critiques de prédiction-réaction doivent être résolues, afin (2.) d'individualiser et d'optimiser l'interaction à la première personne lors de l'apprentissage du geste ou la réhabilitation du mouvement.



Figure 1 : La plateforme PIVVIT, dispositif de vision panoramique en champ large basé sur la RV, utilisant les flux optiques pour stimuler l'interaction vision-équilibre dans les protocoles thérapeutiques.

### Méthode

Deux plateformes et installations basées sur la RV permettent de synchroniser des scénarios immersifs avec l'enregistrement de données comportementales en temps réel (capture de mouvement et d'équilibre en 3D, données électrophysiologiques et oculaires). D'une part, la plateforme PIVVIT (fig.1) utilise un écran champ-large panoramique pour l'interaction en situation statique. D'autre part, la plateforme Ergo-Metrix (fig.2), utilise un casque de RV pour des situations immersives plus réalistes pour des conditions spécifiques d'actions ciblées exécutées en mouvement. Divers scénarios paramétrables, allant de la stimulation optocinétique standardisée aux tâches de manipulation et navigation en espaces 3D, stimulent les interactions adaptatives vision-mouvement-locomotion en fonction de contraintes sensorielles et cognitives. Ces plateformes s'adressent à des sujets exposés à des situations décisives sur le plan cognitif et moteur (précision, complexité, conflit, incertitude, stress), et pour lesquels la décision et le contrôle de l'action sont essentiels (fig.3). L'analyse des données se concentre sur l'évaluation des paramètres de perception-décision-action pendant la performance d'interaction.



Figure 2 : Plateforme Ergo-Metrix pour des situations immersives à la première personne pour un scénario spécifique d'action manuelle dirigée vers un objectif : apprentissage d'une tâche d'intervention technique chez un opérateur novice.

### Résultats principaux

L'amélioration de l'équilibre adaptatif pour le patient [1], et du geste pour l'opérateur, tout au long des sessions immersives, démontre l'effet réel des protocoles de RV individualisés sur les performances d'interaction. L'effet principal est le renforcement du contrôle multisensori-moteur et de sa supervision cognitive. Par conséquent, notre modèle d'analyse basé sur les descripteurs de tâches et de comportements associés aux prescriptions de tâches sensorielles, cognitives et motrices (fig.4) permet (1.) d'identifier les indicateurs de performance liés aux critères de réussite de la tâche, et ainsi (2.) d'individualiser les protocoles immersifs.

## Discussion

L'idée-clé qui sous-tend notre proposition est cette considération ergonomique : « Plus l'immersion virtuelle est liée à la personne et à la tâche, plus l'interaction est performante ». Nos plates-formes RV ciblent ces exigences d'interaction par (1.) l'identification des critères fonctionnels aux niveaux de la tâche et du comportement, et (2.) l'évaluation des traitements de l'information sensori-cognitive et l'action, comme mesures pour individualiser les protocoles. Le modèle d'analyse « entrée-sortie », qui relie les paramètres de la tâche en entrée à l'ensemble des données comportementales en sortie (pour la corrélation inter-variables), permet de modéliser la « plasticité d'apprentissage » par les théories du contrôle adaptatif et les fonctions de transfert [1]. En conclusion, notre projet se concentre sur l'analyse de la performance de l'interaction en RV immersive, à la fois pour (1.) l'évaluation sensorimotrice et cognitive requise dans un contexte ergonomique ou thérapeutique, et (2.) la préconisation des caractéristiques de RV immersives pour les scénarios appliqués. Les perspectives récentes portent également sur l'analyse des comportements coopératifs dans les systèmes collaboratifs multi-agents.



Figure 3 : Interactions vision-mouvement-équilibre à la première personne, en réponse aux contraintes et perturbations sensorielles et cognitives : mouvement d'anticipation-coïncidence complexe de la main.

ANALYSE de la PERFORMANCE D'INTERACTION en IMMERSION – COMPOSANTES ET DESCRIPTEURS

Environnement visuel virtuel immersif		Comportement de l'utilisateur			Analyse du comportement			Perspectives	
Scénario d'immersion pédagogique	Niveaux d'interaction <sup>1</sup>	Comportement (caractéristiques) de l'EVA (Environnement Virtuel d'Apprentissage)	Processus sensori-moteurs et cognitifs impliqués <sup>2</sup>	Comportements et attitudes observés	Confort et ergonomie <sup>3</sup>	Traitements sensori-moteurs	Traitements cognitifs	Comportements compensateurs	Solutions envisageables
# scénario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visión</li> <li>Perception visuelle</li> <li>Orientation du regard</li> <li>Stratégies visuelles</li> <li>Apprentissage des procédures</li> <li>Geste manuel</li> <li>Équilibre statique-dynamique</li> <li>Locomotion</li> <li>Navigation</li> <li>Autres (à préciser)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scènes et objets</li> <li>2D, 3D</li> <li>Fixe, en mouvement</li> <li>Statique, dynamique</li> <li>Instabilité, dérive</li> <li>Images, flux</li> <li>Graphisme, rendu, réalisme</li> <li>Contenu sémantique</li> <li>Traitement de l'information</li> <li>Double-tâches, multitâches</li> <li>Réalité augmentée</li> <li>Compatibilité S-R</li> <li>Stimulation</li> <li>Interactivité</li> <li>Réactivité</li> <li>Traitement sensoriel, cognitif, moteur</li> <li>Décal, retard, mise à jour</li> <li>Mouvement</li> <li>Asservissements images, gestes et déplacements</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection</li> <li>Sensation</li> <li>Perception</li> <li>Identification</li> <li>Compréhension</li> <li>Décision</li> <li>Mémorisation</li> <li>Apprentissage</li> <li>Manipulation</li> <li>Coordination</li> <li>Stabilité</li> <li>Équilibre</li> <li>Déplacement</li> <li>Locomotion</li> <li>Orientatation</li> <li>Navigation</li> <li>...</li> <li>... et d'autres (plus spécifiques de l'évaluation et de l'analyse effectuée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspection visuelle</li> <li>Découverte</li> <li>Manipulation</li> <li>Interaction</li> <li>Recherche d'informations</li> <li>Essais-erreurs</li> <li>Compréhension des procédures</li> <li>Incertitude</li> <li>Charge mentale, cognitive</li> <li>Prudence motrice</li> <li>Conflits inter-sensoriels</li> <li>Déséquilibre</li> <li>Imprecision</li> <li>Ralentissement</li> <li>Geste global</li> <li>Instabilité, inconfort</li> <li>Désorientation</li> <li>Confusion cognitive, spatiale</li> <li>...</li> <li>... et d'autres (plus spécifiques de l'évaluation et de l'analyse effectuée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimations</li> <li>Quantification</li> <li>Qualification</li> <li>Référencement</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flux optiques, visuels</li> <li>Déformances rétinéennes</li> <li>Affordances et alertes sensorielles</li> <li>Saccades et fixations oculaires</li> <li>Dérives et poursuites oculaires</li> <li>Stabilisation et perception visuelle</li> <li>Traitement sensoriel subliminal</li> <li>Perturbation sensorielle</li> <li>Contrôle sensorimoteur</li> <li>Réactions réflexes</li> <li>Automatismes sensori-moteurs</li> <li>Ajustements compensateurs</li> <li>Distorsion visuo-proprio-vestibulaire</li> <li>Compensation-substitution sensorielles</li> <li>Réactions motrices et posturales</li> <li>Inconfort, nausée</li> <li>Dérives et calibration sensorielles</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de l'incertitude</li> <li>Calculs cognitifs continus</li> <li>'Remapping' visuo-manuel</li> <li>Surveillance des stimulations</li> <li>Perte des automatismes</li> <li>Moteurs : visuo-posturaux et visuo-manuels</li> <li>Passage d'un contrôle sensori-moteur à un contrôle cognitif de calibrage, structurantes pour la perception et la prise de décisions motrices et le déclenchement de la tâche à réaliser</li> <li>Traitement de l'information sensorimotrice et sémantique</li> <li>Traitement conscient et subliminal</li> <li>Perception et analyse</li> <li>Stratégies d'interaction : <ul style="list-style-type: none"> <li>Attention focalisée</li> <li>Intentionnalité du geste</li> <li>Attente des retours d'informations (connaissance du résultat)</li> <li>Contrôle des APA</li> <li>Contrôle des APC</li> <li>perte des automatismes posturaux</li> <li>Ralentissement des déplacements locomoteurs</li> <li>...</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>'Utilisateur « réfléchi » tous ses gestes, fige sa posture, réduit les amplitudes et vitesses 'naturelles' des gestes et de pas, etc.</li> <li>Passage d'un contrôle sensori-moteur à un contrôle cognitif de vigilance =&gt; augmentation de la charge mentale</li> <li>Regard 'flottant'</li> <li>Difficulté d'analyse</li> <li>NC</li> <li>Geste ralenti, prudent</li> <li>Contrôle en ligne de la trajectoire main</li> <li>Contrôle final du geste =&gt; perte des automatismes gestuels</li> <li>Contrôle des APA</li> <li>Contrôle des APC</li> <li>=&gt; perte des automatismes posturaux</li> <li>Ralentissement des déplacements locomoteurs</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paramétrer la cinématique de l'environnement physique à partir des déplacements de la tête (et des yeux !)</li> <li>Structurer l'espace visuel : <ul style="list-style-type: none"> <li>Éviter les horizons (azimut) infinis</li> <li>Indiquer les points de localisation clés du poste gaz</li> <li>Présenter des points d'ancrages fovéaux fixes dans l'espace 3D</li> </ul> </li> <li>Référenciel d'orientation/localisation spatiale</li> <li>Présenter un repère d'ancrage fovéal dans l'image (p. ex. un/des point/s ou objet/s 3D fixe/s référenciel/s à la position absolue des blocs-caméras</li> <li>En lien avec les partenaires spécialistes d'apprentissage en EVA.</li> <li>Réduire/annuler les retards geste-image</li> <li>Améliorer les retours d'informations visuels (ou autres)</li> <li>Optimiser le gain (facteur d'échelle, coefficient) entre flux d'image et flux optique.</li> <li>Réduire/annuler les retards geste/équilibre-image</li> <li>Alerte/suppléance sensorielle</li> <li>Informar par d'autres modalités sensorielles (visuelle, sonore, tactile)</li> <li>Préférer la téléportation avec ralentissement-rotation terminale pour une remise à jour de la carte spatiale (donc des processus visuo-manuel et posturaux préparatoire)</li> <li>...</li> </ul>

Figure 4 : Modèle d'analyse de l'interaction tâche-comportement basé sur les descripteurs sensoriels, cognitifs et moteurs de l'environnement et des déterminants de la tâche (en colonnes) et les comportements correspondants (en lignes), avec prescriptions et préconisations d'amélioration.

### Pour aller plus loin

olivier.martin@gipsa-lab.grenoble-inp.fr  
<https://www.youtube.com/watch?v=F8yT-kNVndc> -  
*Adaptation du comportement d'interaction en immersion visuelle virtuelle.* Capsule vidéo Institut Cognition, 2021  
 [1] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02371059>

## Contexte scientifique

Les plaintes cognitives sont fréquemment rapportées par les patients en rémission ou traités à long terme par des thérapies anticancéreuses ciblées, regroupées sous le terme de « brouillard cérébral ». Elles apparaissent le plus souvent discrètes mais sont néanmoins handicapantes dans la vie quotidienne ou lors de la reprise professionnelle, constituant ce que l'on appelle un « handicap invisible » mais néanmoins bien réel pour les patients. Leur identification nécessite un bilan orthophonique ou neuropsychologique, dont la sensibilité peut être grandement améliorée : par l'obtention des temps de réaction des patients lors de la réalisation de tâches, ou par une analyse plus qualitative des résultats, obtenue en combinant l'enregistrement des réponses lors de tests informatisés et l'utilisation de la reconnaissance vocale pour effectuer un traitement automatisé et plus précis des réponses enregistrées.

## Méthode

Depuis 2013, une collaboration entre SAMoVA et ToNIC a permis d'envisager un traitement informatisé des réponses enregistrées lors de la passation, ce qui a conduit à un premier développement logiciel et à une étude de faisabilité sur la tâche d'évocation lexicale, puis sur deux nouvelles tâches linguistiques : la dénomination d'images et la génération verbale sémantique. La quantité de données et la complexité des processus lexicaux et sémantiques impliqués ont nécessité une ouverture vers l'équipe LNPL.

## Résultats principaux

L'équipe SAMoVA a rendu les modèles acoustiques de l'outil de transcription de la parole plus robustes afin de prendre en compte l'hétérogénéité des voix traitées (âge, sexe, accent, pathologie éventuelle, etc.). L'analyse statistique permettant de mesurer les résultats des différents tests effectués (fluences, nommage, génération) est en cours de finalisation.



Exemple sur l'évaluation de la fluence verbale.

## Discussion

Le nombre croissant d'utilisateurs et d'inscriptions est devenu difficile à gérer en raison de l'absence d'outils spécifiques pour la gestion des comptes. En impliquant un partenaire privé, COVIRTUA Healthcare, ce projet EVOLEX vise à faire passer sa première version au niveau supérieur, c'est-à-dire à une version qui pourrait être utilisée à grande échelle, voire être commercialisée ultérieurement.

### Pour aller plus loin

---

Julien Pinquier, Jérôme Farinas, Xavier de Boissezon, Patrice Peran, Lola Danet, et al.. *EVOLEX : apport de la reconnaissance vocale pour le diagnostic des dysfonctionnements cognitifs légers*. 8<sup>e</sup> Journées de Phonétique Clinique (JPC 2019), May 2019, Mons, Belgique. pp.105-106. {hal-02442023}

Xavier de Boissezon, Lola Danet, Cécile Fabre, Jérôme Farinas, Bruno Gaume, et al.. *EVOLEX : approches psycholinguistique et computationnelle de l'accès au lexique et de la proximité sémantique entre paires de mots*. FORUM À LA CROISÉE DES SCIENCES : Interagissez, Imaginez, Innovez - FACS31, Jan 2019, Toulouse, France. {hal-02047651}

Xavier de Boissezon, Lola Danet, Cécile Fabre, Jérôme Farinas, Bruno Gaume, et al.. *Le projet EvoLex : Aller plus loin dans l'étude de la fluence et de l'accès au lexique* (2018). Demie-Journée scientifique 2018 « Langage, Culture, Société » : Qui-Quoi-Où de la recherche sur langage, culture & société, Toulouse Mind and Brain Institute (TMBI), CHU Purpan, pavillon Baudot, Toulouse, France; URI Octogone-Lordat (EA4156), Maison de la Recherche Université de Toulouse 2 Jean-Jaurès, Toulouse, France, May 2018, Toulouse, France. {hal-03044265}

# Effets du contexte environnemental sur la perception des durées et des distances en mobilité

## Contexte scientifique

Les mécanismes de la perception du temps et de l'espace ne semblent pas indépendants chez l'humain : la longueur d'un stimulus influence la perception de sa durée. De manière symétrique, le temps de présentation d'un stimulus biaise l'estimation de son amplitude spatiale. Ces résultats suggèrent l'existence d'un système commun dédié au traitement des magnitudes spatiotemporelles. Toutefois, aucun consensus n'a été atteint concernant l'existence d'un tel système, en raison de la variabilité des résultats obtenus selon les tâches d'estimation utilisées. Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet ANR Wildtimes (ANR-18-CE22-0016) dont l'objectif est d'étudier la perception du temps et de l'espace en situation de mobilité dans le réel. Elle visait à améliorer les connaissances dans ce domaine en proposant une approche nouvelle consistant à étudier dans l'estimation des durées l'effet de biais contextuels classiquement observés dans la perception des distances. A cette fin, le contexte extérieur (comparativement à l'intérieur d'un bâtiment) et l'immersion en réalité virtuelle vs réel ont été manipulés en raison de la compression systématique qu'ils entraînent sur la perception spatiale.

## Méthode

Des participants adultes ont estimé des magnitudes physiques (distances ou durées de déplacement, réparties entre respectivement 5 et 20m ou 5,5 et 25,5 secondes) suite à un déplacement rectiligne passif sur un robot maintenu à vitesse constante. Les participants étaient d'abord soumis à un trajet de référence dont ils devaient mémoriser la distance parcourue ou la durée (selon le bloc en cours). Les participants devaient ensuite reproduire la magnitude de référence en actionnant eux-mêmes le robot par l'intermédiaire d'un bouton poussoir. Ils avaient ensuite pour consigne d'estimer verbalement cette magnitude une fois reproduite (mètres ou secondes). La moitié des essais était effectuée dans un contexte intérieur et l'autre moitié en extérieur. De plus, la moitié des essais était effectuée dans un contexte visuel virtuel (casque avec écran stéréoscopique et environnements virtuels reproduisant fidèlement l'apparence et l'échelle de chaque lieu d'expérimentation) et l'autre moitié en condition réelle sans casque de réalité virtuelle (Fig. 1).

## Résultats principaux

Pour la tâche de reproduction de magnitudes par déplacement du robot, l'effet de la réalité virtuelle sur la compression des distances perçues par rapport au réel a aussi été observé dans la condition d'estimation des durées (Fig. 2). Cette symétrie spatiotemporelle n'a en revanche pas été observée pour le contexte intérieur/extérieur, puisque la compression des distances n'était pas accompagnée d'une compression des durées perçues (Fig. 3). Concernant les estimations verbales, un effet de l'immersion en réalité virtuelle a été observé de manière analogue à celle observée pour la tâche de reproduction, conduisant à une compression des distances comme des durées perçues en condition réalité virtuelle par rapport à la condition réelle. Aucun effet du contexte intérieur/extérieur n'a en revanche été observé.

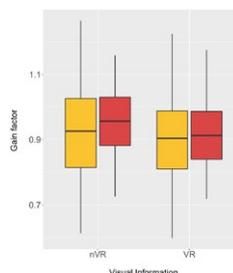


Figure 2 : Effet d'interaction entre le contexte virtuel et la dimension.

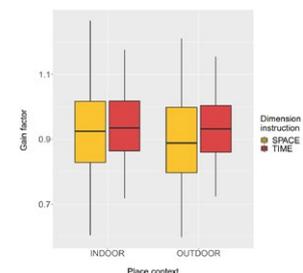


Figure 3 : Effet d'interaction entre le contexte du lieu et la dimension.

## Discussion

Les résultats suggèrent que les interférences spatiotemporelles observées résultent de mécanismes plus complexes que ceux prévus par l'existence d'un système commun de magnitudes. Le niveau de traitement associé à une source de distorsion perceptive ou à un mode de réponse semble en effet moduler l'existence et l'amplitude des interactions spatiotemporelles.

### Pour aller plus loin

Contact : [simonlhuillier@hotmail.fr](mailto:simonlhuillier@hotmail.fr) - Laboratoire LaPEA - Université Gustave Eiffel / Université Paris Cité

# Être Touché par un Agent Virtuel (ETAV)

## Contexte scientifique

Le toucher est une voie essentielle pour les interactions sociales entre les individus (Morrison et al., 2010). Le contact social est d'une grande importance dans des myriades de situations, allant de la communication interpersonnelle aux pathologies cognitives. Cependant, nos connaissances sur les paramètres clés favorisant l'expérience d'être touché lors d'une interaction (humain-humain ou humain-agent) sont limitées, ce qui entrave notre capacité à simuler des gestes de toucher sociaux en réalité virtuelle (RV). L'objectif de notre projet est d'étudier les paramètres contextuels permettant d'améliorer l'expérience d'être touché par un agent virtuel.

## Méthode

Nous avons conduit une série de deux études expérimentales sur le sens d'agentivité et l'anticipation d'un geste de toucher social effectué par un agent virtuel. Ces expériences consistaient à montrer aux participants un agent virtuel qui initiait un mouvement pour serrer la main d'un autre agent virtuel. Le mouvement du premier agent virtuel était soit causé par le participant, soit effectué de manière autonome. Des mesures d'anticipation perceptive étaient ensuite recueillies. Pour cela, nous avons utilisé les paradigmes de « Intentional Binding » (compression du temps perçu entre l'action et son effet) (Haggard, 2005) et de « Representational Momentum » (biais de mémorisation de la dernière image vue du mouvement) (Freyd & Finke, 1984). La première expérience incluait 25 participants et la seconde 28. Les deux expériences se distinguaient par le contexte social de l'interaction : dans la première expérience, le contexte était favorable à l'interaction (les deux agents étaient assez proches pour se serrer la main et le second agent tendait la main pour que le premier la serre) ; dans la seconde expérience, le contexte était défavorable à l'interaction (les deux agents étaient trop éloignés et le second agent ne tendait pas la main vers le premier).

## Résultats principaux

Les résultats de la première expérience montrent que lorsqu'il était l'instigateur de l'action de l'agent, le participant anticipait davantage l'action sociale. La seconde expérience montre que cette anticipation était modulée par le contexte social, i.e. lorsque le contexte social était défavorable à l'interaction, l'anticipation diminuait.

## Discussion

Les résultats de ces expériences montraient que la perception visuelle était modulée d'une part par l'agentivité de l'individu et d'autre part par l'affordance du contexte social. Lorsque nous effectuons une action sociale, notre perception est biaisée par notre intention d'agir et par l'adéquation du contexte social où se déroule l'action.

### Pour aller plus loin

---

Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). *Representational momentum*. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(1), 126-132. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.10.1.126>

Haggard, P. (2005). *Conscious intention and motor cognition*. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(6), 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.04.012>

Morrison, I., Löken, L. S., & Olausson, H. (2010). *The skin as a social organ*. *Experimental Brain Research*, 204(3), 305-314. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-2007-y>

# Apport de la cognition dans la caractérisation du profil créatif de l'individu

## Contexte scientifique

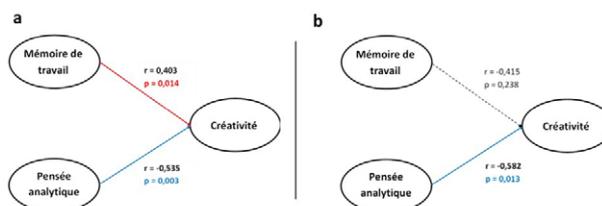
Dans le contexte du handicap, la créativité peut être vue comme un outil permettant à l'individu de mieux « rebondir » à la suite d'événements difficiles. Cette conception place la créativité au centre du processus adaptatif. Ainsi, la créativité et l'adaptation agiraient de concert pour transformer de nouvelles idées en solutions utiles et devenir source de résilience. Dans ce contexte, il devient primordial de caractériser finement le potentiel créatif de l'individu afin de favoriser, par un entraînement dédié, la créativité chez les individus à faible potentiel. Afin d'évaluer au mieux ce potentiel, nous proposons une approche globale basée sur un modèle de fonctionnement cognitif et cérébral.

## Méthode

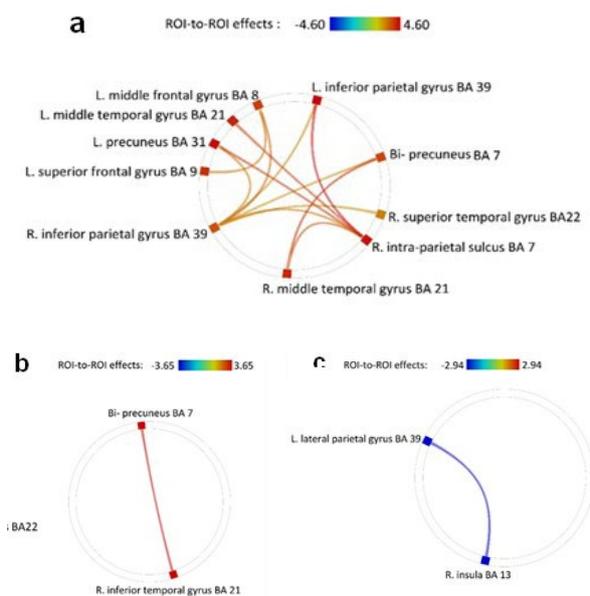
Nous avons différencié les personnes à fort ou faible potentiel de créativité en utilisant le modèle d'équation structurelle (PLS-SEM) supposant une influence de la mémoire de travail et de la pensée analytique sur la créativité évaluée par le test de Torrance (TTCT). La connectivité fonctionnelle cérébrale de repos a été appréhendée par IRMf.

## Résultats principaux

La pensée analytique est négativement corrélée à la créativité, que ce soit pour les personnes à fort ou faible potentiel créatif. La mémoire de travail est positivement corrélée avec la créativité mais seulement pour le groupe à fort potentiel créatif. L'étude en IRMf montre que les personnes à fort potentiel créatif présentent une connectivité cérébrale de repos accrue dans le réseau attentionnel et dans le réseau du mode par défaut ainsi qu'une diminution de la connectivité cérébrale dans le réseau de saillance.



Modèle structurel : effets directs de la mémoire de travail et de la pensée analytique, sur la créativité chez (a) les personnes à haut potentiel créatif, (b) les personnes à faible potentiel créatif. Rouge : corrélation positive, bleu : corrélation négative.



Contraste de la connectivité fonctionnelle entre les personnes à fort et à faible potentiel créatif (Fort potentiel créatif > Faible potentiel créatif). a) Réseau attentionnel ; b) Réseau du mode par défaut ; c) Réseau de la saillance. La ligne rouge représente une corrélation positive et la ligne bleue correspond à une corrélation négative. Le degré de rouge ou de bleu correspond au niveau de la corrélation.

## Discussion

La connectivité fonctionnelle cognitive et cérébrale des personnes créatives souligne l'existence d'un lien actif entre l'imagerie mentale, les processus d'introspection et la mémoire de travail. La prise de décision tient moins compte des expériences passées ce qui permet l'émergence de réponses créatives.

### Pour aller plus loin

---

Deshayes C, Paban V, Ferrer MH, Alescio-Lautier B, Chambon C. (2021). *A comprehensive approach to study the resting state brain network related to creativity*. Brain Structure and Function, 226(6), 1743-1753. doi :10.1007/s00429-021-02286-9

# Un test psychoacoustique pour diagnostiquer la présence de misophonie

## Contexte scientifique

La misophonie est définie par le fait que certains sons très spécifiques peuvent déclencher des émotions très intenses, à savoir de la colère ou plus rarement du dégoût. L'attention du sujet est également capturée et emprisonnée par les sons misophones, ce qui expose le sujet à une gêne extrême sans possibilité d'échapper à la situation négative. Les sons-déclencheurs de la réaction misophonique sont généralement produits par l'homme et sont le plus souvent associés à des bruits de bouche (mastication etc.) ou de gorge (raclement etc.). Au final, le trouble occasionné peut affecter la qualité de vie des sujets, lesquels finissent par éviter les situations qui peuvent être à l'origine de leur gêne. La prévalence de la misophonie n'est pas encore très claire et varie selon les études entre 6 et 49%. La misophonie est un trouble qui se situe à l'interface entre l'audition et les troubles mentaux. C'est probablement pour son caractère « mixte » qu'il n'existe pas de méthodes psychoacoustiques permettant d'appréhender la perception auditive chez les sujets misophones. Ce projet vise précisément à combler ce manque et à développer une méthode capable de diagnostiquer la misophonie.

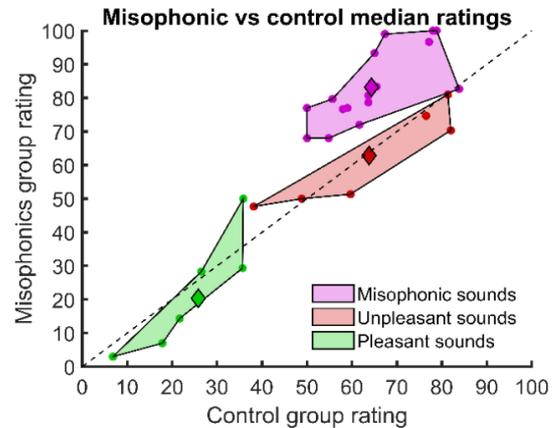
## Méthode

L'étude a été réalisée en ligne sur un grand nombre de sujets, lesquels étaient catégorisés à partir d'un questionnaire (Misoquest) et la simple question « Êtes-vous misophone ? ». Au final, nous avons collecté les données chez 78 sujets misophones et 55 contrôles. La tâche des sujets consistait à estimer si le son présenté à un niveau confortable était agréable ou désagréable à partir d'une échelle visuelle analogique. Les sons présentés étaient des sons connus pour déclencher des réactions misophoniques (bruit de mastication, de reniflement, de ronflement etc.) et d'autres sons « neutres » sur le plan de la misophonie plutôt agréables ou désagréables.

## Résultats principaux

Nos résultats montrent que les sujets catégorisés comme misophones estiment les sons misophones comme étant plus désagréables que les sujets contrôles. En revanche, les sons non-misophones agréables et désagréables étaient estimés de la même

manière dans les deux groupes (Fig. 1). De plus, nous avons été plus loin et avons sélectionné les sons les plus discriminants pour différencier les deux groupes. Nous avons en outre calculé un score permettant de diagnostiquer la misophonie chez un sujet donné.



Estimations médianes des sujets misophones vs contrôles pour chaque son. Les notes varient entre 0 (agréable) et 100 (désagréable). Chaque point représente l'évaluation médiane d'un son pour le groupe témoin (axe des x) et le groupe misophone (axe des y). Les sons sont colorés et regroupés selon qu'ils sont « misophones » (magenta), désagréables (rouge) ou agréables (vert). La médiane des évaluations sonores au sein d'une même catégorie est représentée par un losange. À titre de référence visuelle, la ligne  $y = x$  est dessinée en noir pointillé. Les sons proches de cette ligne ont des évaluations similaires pour les deux groupes.

## Discussion

Notre étude a permis de valider une méthode psychoacoustique originale permettant d'appréhender la perception auditive chez les sujets misophones et de diagnostiquer ce trouble. Il est intéressant de noter que les sujets misophones perçoivent (par définition) les sons misophones comme étant plus désagréables que les sujets contrôles, mais que par ailleurs les autres sons ne sont pas plus désagréables que chez les sujets contrôles. Ce résultat souligne le caractère extrêmement spécifique de la misophonie. La misophonie présente des similitudes avec la phobie à la différence près que l'émotion suscitée et problématique n'est pas la peur mais la colère. Il est possible que cette colère soit le résultat d'une sensibilité extrême à une forme « morale » et « sociale » de l'environnement sonore.

### Pour aller plus loin

Enzler F, Lorient C, Fournier P, Noreña AJ. A psychoacoustic test for misophonia assessment. *Sci Rep.* 2021 May 26;11(1):11044. doi: 10.1038/s41598-021-90355-8.

Enzler, F., Fournier, P. & Noreña, A. J. A psychoacoustic test for diagnosing hyperacusis based on ratings of natural sounds. *Hear Res.* 400, 108124 (2021)

Schröder, A., Vulink, N. & Denys, D. Misophonia: Diagnostic criteria for a new psychiatric disorder. *PLoS ONE* 8, e54706 (2013).

# Rôle des informations somatosensorielles dans la tenue et le contrôle d'un objet : illustration avec la tenue du stylo lors d'une tâche graphique

## Contexte scientifique

Quel est le rôle des informations somatosensorielles lorsque nous tenons un objet dans nos doigts pour le déplacer précisément? Par exemple, que se passe-t-il si nous serrons trop fort un stylo lorsque nous sommes en train d'écrire ou de dessiner? Nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la perte de précision du geste graphique n'est pas due à une commande motrice de préhension du stylo plus forte en soi mais plutôt à la diminution associée de l'information tactile résultant de la surcompression des mécanorécepteurs tactiles des doigts. Pour cela, nous avons comparé une condition dans laquelle le participant exerce une pression naturelle avec deux autres conditions : une dans laquelle le participant exerce activement une surpression sur le stylo et une dans laquelle la surpression est appliquée de manière passive. Pendant que les participants effectuaient la tâche, nous avons stimulé électriquement le nerf médian au niveau de l'avant-bras du membre effecteur afin d'en étudier les potentiels évoqués somesthésiques (PES) enregistrés en EEG. Cet indice permet d'estimer le poids accordé aux informations somatosensorielles selon l'amplitude du potentiel évoqué au cours de ces différentes conditions de pression digitale exercée sur le stylo.

## Méthode

Nous avons proposé à 15 adultes droitiers de tracer une forme graphique simple (condition « Mouvement ») ou de maintenir le stylo en position statique (condition « Statique ») tout en le tenant soit naturellement (condition « naturelle »), soit en serrant volontairement le stylo (condition « active »), soit en maintenant cette surpression de manière passive (condition « passive », avec une surpression comparable avec la condition active). Nous avons enregistré simultanément le mouvement et la pression de la pointe du stylo sur tablette graphique, la pression exercée par les doigts sur le stylo à l'aide de capteurs positionnés sur le stylo, et l'activité EEG.

## Résultats principaux

L'amplitude du PES n'était pas significativement différente entre la condition naturelle et les deux conditions de surpression. Cependant, les résultats comportementaux ont montré que la précision du dessin est altérée lorsque la pression sur le stylo est augmentée (passivement ou activement). Les analyses des sources corticales ont révélé que l'activité des aires pariétales supérieures (SPL) a augmenté dans les deux conditions de surpression.

## Discussion

Nos résultats suggèrent que le manque de précision observé en condition de surpression n'a pas pour origine les processus moteurs car elle est présente en condition de surpression passive (i.e., sans commande motrice de prise du stylo). Les processus de traitement sensoriel tactilo-kinesthésique seraient à l'origine de cette diminution de précision. Dans ce contexte, l'augmentation d'activité au niveau du SPL serait critique pour mettre à jour l'état de pression des doigts sur le stylo. Ces changements corticaux pourraient témoigner du déficit de mise à jour de la représentation de la force d'interaction doigt-stylo pour ces actions graphiques qui sont contrôlées visuellement.

### Pour aller plus loin

---

Danna, J., Nordlund, M., Louber, D., Moré, S., & Mouchnino, L. (2022). *Overpressure on fingertips prevents state estimation of the pen grip force and movement accuracy*. *Experimental Brain Research*, 240, 189–198. doi : 10.1007/s00221-021-06246-x

Fabre M, Antoine M, Germain Robitaille M, Ribot-Ciscar E, Ackerley R, Aimonetti JM, Chavet P, Blouin J, Simoneau M, Mouchnino L (2021) *Large postural sways prevent foot tactile information from fading: neurophysiological evidence*. *Cereb Cortex Comm* 2:1–10. doi : 10.1093/texcom/tgaa094.

Lhomond O, Teasdale N, Simoneau M, Mouchnino L (2016) *Neural consequences of increasing body weight: Evidence from somatosensory evoked potentials and the frequency specificity of brain oscillations*. *Front Hum Neurosci* 10:318. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00318>

<https://www.gdr.tact.uha.fr>

# Utilisation de la Réalité Virtuelle pour mesurer la fluence de lecture chez les enfants

## Contexte scientifique

Dans une époque où les technologies se développent de manière fulgurante, pouvoir utiliser de nouveaux systèmes pour mesurer et mieux comprendre le comportement est de plus en plus important et accessible. Le but de cette étude est d'utiliser un casque de réalité virtuelle pour présenter des stimuli visuels dans un environnement contrôlé. La numérisation et l'automatisation des tests standards offrent à la fois des performances améliorées (comme l'ajout de mesures physiologiques aux mesures comportementales) et un confort de passation aussi bien pour l'enfant que pour l'examineur qui réalise le test.

## Méthode

Des stimuli (50 mots et 50 pseudo-mots (des mots prononçables qui n'existent pas en français)) ont été présentés, à 102 enfants âgés de 7 à 9 ans, au travers d'un casque de réalité virtuelle « Fove0 » permettant le suivi du regard dans les environnements virtuels. Deux tâches expérimentales ont été réalisées au cours de cette étude. Dans la première, les enfants devaient décider si les mots qui apparaissaient dans le casque de réalité virtuelle étaient des mots ou des pseudo-mots à l'aide d'une manette de jeu. Dans la seconde, une tâche de lecture de mots et de pseudo-mots sur papier a été réalisée : les enfants avaient une minute pour lire le plus d'items possible et un examinateur annotait la performance des enfants afin de reporter le nombre d'items lus correctement en une minute pour obtenir la vitesse de lecture. Les deux tests ont été réalisés de manière individuelle et contrebalancée entre les différents groupes expérimentaux. La présentation des stimuli a été faite de manière contrôlée et aléatoire.

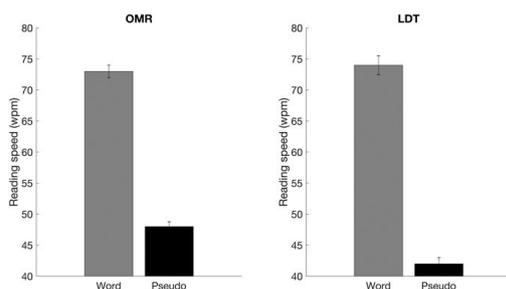


Figure 1 : Vitesses de lecture moyennes (mots par minute) pour les mots et pseudo-mots lors des tâches de Lecture en Une Minute (One-Minute Reading test (OMR) à gauche) et de Décision Lexicale (Lexical Decision Task (LDT) à droite). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%.

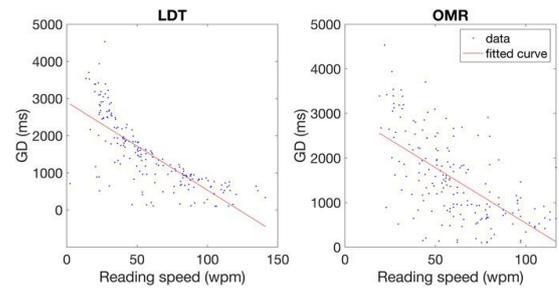


Figure 2 : Représentation graphique de la relation entre la durée du regard et la vitesse de lecture (mots par minute) lors des tâches de Lecture en Une Minute et de Décision Lexicale. Les lignes représentent les régressions linéaires correspondantes.

## Résultats principaux

Les enfants ont fait plus d'erreurs de reconnaissance et ont mis plus de temps à répondre aux pseudo-mots par rapport aux mots (Fig. 1). Nous avons trouvé que la tâche de décision lexicale réalisée en réalité virtuelle et la tâche de lecture en une minute (support papier) produisaient des effets lexicaux très similaires. Nous avons observé une forte corrélation entre la vitesse de lecture (mots par minute) et le temps de fixation du regard au niveau des mots isolés (Fig. 2).

## Discussion

Le principal objectif de cette étude était de fournir une preuve de concept dont la démarche vise à vérifier que la technologie de réalité virtuelle peut être développée comme un moyen de mesure fiable et valide auprès des enfants. Nous avons démontré qu'il était possible et pertinent d'utiliser la réalité virtuelle avec suivi du regard lors de tâche de reconnaissance de mots.

### Pour aller plus loin

---

Mirault, J., Albrand, J. P., Lassault, J., Grainger, J., & Ziegler, J. C. (2021, June). *Using Virtual Reality to Assess Reading Fluency in Children*. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 214). Frontiers.

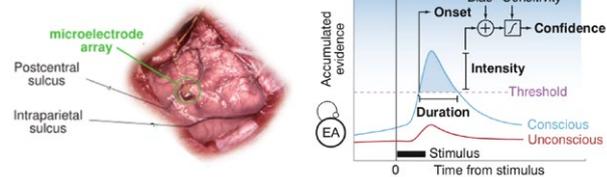
Dirix, N., Brysbaert, M., and Duyck, W. (2019). *How Well Do Word Recognition Measures Correlate? Effects of Language Context and Repeated Presentations*. *Behav. Res.* 51, 2800–2816. doi:10.3758/s13428-018-1158-9

Mirault, J., Guerre-Genton, A., Dufau, S., and Grainger, J. (2020). *Using Virtual Reality to Study reading: An Eye-Tracking Investigation of Transposed-word Effects*. *Methods Psychol.* 3, 100029–100034. doi:10.1016/j.metip.2020.100029

Schilling, H. E. H., Rayner, K., and Chumbley, J. I. (1998). *Comparing Naming, Lexical Decision, and Eye Fixation Times: Word Frequency Effects and Individual Differences*. *Mem. Cogn.* 26, 1270–1281. doi:10.3758/bf03201199

Stuart, R., and Thomas, J. C. (1991). *The Implications of Education in Cyberspace*. *Multimedia Rev.* 2 (2), 2–17.

# Mécanismes électrophysiologiques de la conscience perceptuelle et la conscience de soi



## Contexte scientifique

La manière dont nous percevons le monde et nous-mêmes est un sujet d'étude philosophique et scientifique majeur. Depuis peu, les neurosciences cognitives se sont emparées de ces questions: elles proposent de décrire les corrélats cérébraux de la conscience perceptuelle, c'est à dire l'expérience subjective associée au traitement d'un stimulus sensoriel, et de la conscience de soi, c'est à dire la capacité que l'on a d'évaluer et de contrôler nos propres états mentaux. Nous proposons qu'au-delà des simples corrélats cérébraux, la conscience perceptuelle et de soi font appel à un mécanisme neuronal commun: l'accumulation d'évidence.

## Méthode

Nous avons l'opportunité d'enregistrer l'activité cérébrale de patients neurologiques recevant des implants intracrâniens. Alors que l'on mesure l'activité de neurones uniques ou de populations de neurones, les patients sont amenés à détecter des stimuli visuels ou tactiles de très faible amplitude, puis de rapporter la confiance qu'ils attribuent à chacune de leurs réponses. La combinaison de ces jugements de détection et de confiance nous permet d'étudier simultanément la conscience perceptuelle et la conscience de soi. Nous avons ainsi pu identifier des neurones pariétaux accumulateurs d'évidence dont l'activité varie systématiquement selon les réponses de détection et de confiance. Nous avons pu reproduire ces résultats chez des volontaires sains et *in silico*, en développant un modèle computationnel qui considère qu'un stimulus est consciemment détecté si l'évidence accumulée atteint un seuil, et qui déduit la confiance comme étant la distance entre le maximum de l'évidence accumulée au cours du temps et ce seuil.

## Résultats principaux

L'accumulation d'évidence opérée par des neurones pariétaux permet d'expliquer comment un stimulus sensoriel devient conscient, ainsi que le degré de confiance qui lui est associé.

À gauche : Photo peropératoire des microélectrodes postérieures au sillon postcentral et dorsales par rapport au sillon intrapariétal.

À droite : Processus d'accumulation d'évidence avec déperdition. Traces moyennes d'accumulation par rapport au début du stimulus. Un percept conscient se produit lorsque l'évidence accumulée (trace bleue) atteint un seuil (ligne brisée) et dure jusqu'à ce que la déperdition la ramène en dessous du seuil. L'intensité perçue est proportionnelle à l'évidence maximale accumulée au-dessus du seuil. Le stimulus reste inconscient lorsque l'évidence accumulée (trace rouge) n'atteint pas le seuil. La confiance est définie comme la distance entre l'évidence maximale et le seuil de détection.

## Discussion

Nos résultats fournissent des preuves comportementales, neurales, et computationnelles que conscience perceptuelle et conscience de soi sont profondément liées et reposent sur des mécanismes d'accumulation d'évidence essentiels à la prise de décision. Nous explorons actuellement comment ce mécanisme est implémenté dans plusieurs régions cérébrales, et comment il permettrait d'expliquer aussi des aspects qualitatifs de la perception consciente, notamment son intensité et sa durée. Nos résultats pourraient avoir un impact allant au-delà de la recherche fondamentale, la signature de la conscience par l'accumulation d'évidence pouvant servir de marqueur objectif chez des individus qui ne peuvent pas rapporter leur expérience consciente comme les patients non-communicants, les nouveaux-nés, ou les animaux non-humains.

### Pour aller plus loin

Pereira, M., Perrin, D., and Faivre, N. (2021). *A leaky evidence accumulation process for perceptual experience*. Trends in Cognitive Sciences, in press

Pereira, M., Megevand, P., Tan, M., Chang, W., Wang, S., Rezaei, A., Seeck, M., Corniola, M., Momjian, S., Bernasconi, F., Blanke, O.\*, and Faivre, N.\* (2020). *Evidence accumulation relates to perceptual consciousness and monitoring*. Nature Communications, doi: 10.1038/s41467-021-23540-y

# Cognition collective

28



Étudier l'ensemble des interactions naturelles et artificielles dans différents contextes (émotionnels, culturels, etc.) afin de comprendre les processus sous-jacents (cognition sociale, croyance et régulation émotionnelle en contexte individuel et social, stéréotypes, effet du contexte social sur la cognition, interactions humain-humain/ animal/agents virtuels/robots).

*Lucia Bosone (LaPEA) - Coordinatrice scientifique*

# Projet PRIM

## Playing and Recording with Interactivity and Multisensoriality



### Contexte scientifique

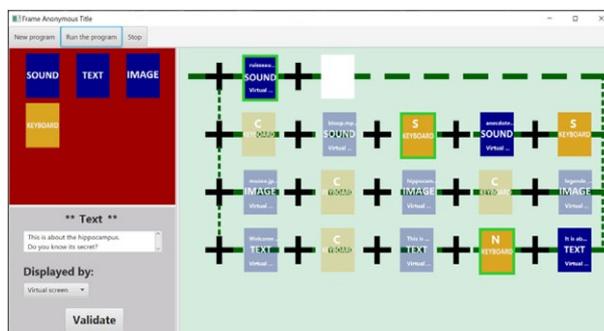
Dans leurs activités quotidiennes, de nombreuses personnes ont besoin de créer des scénarios interactifs utilisant la technologie, pour l'apprentissage, la rééducation, la recherche ou la création, par exemple les enseignants, les thérapeutes, les chercheurs ou les artistes. Actuellement, ces personnes doivent se former à la programmation, ce qui est long, ou sous-traiter à des informaticiens, ce qui nécessite un budget. Le projet PRIM a pour ambition de concevoir un logiciel qui permette de créer des scénarigrammes, c'est-à-dire des suites d'interaction entre un humain et un système informatique, dans un but cognitif. L'idée est de proposer une vision fondée sur les usages et les interactions, et non sur l'algorithmique, afin de pouvoir utiliser facilement les fonctionnalités des périphériques numériques.

### Méthode

Le projet PRIM suit une conception centrée utilisateur et place l'utilisateur au cœur de toutes les étapes du projet de façon à obtenir un logiciel qui maximisera l'expérience utilisateur. La première étape du projet consiste en la création d'un prototype qui offre une vision originale de la création informatique fondée sur l'expérience acquise des projets précédents. La deuxième étape a pour objectif de confronter ce prototype à différents panels d'utilisateurs (cités dans le contexte) afin de finaliser la définition du périmètre fonctionnel, de générer des nouvelles idées et de cibler les besoins restants. La troisième étape est le développement d'un logiciel, en suivant une méthodologie agile, permettant de faire tester très régulièrement la solution aux futurs utilisateurs pour pouvoir affiner au fur et à mesure. Enfin la quatrième étape est une évaluation à large échelle pour valider la proposition.

### Résultats principaux

Le résultat attendu est un logiciel qui s'inspire des éditeurs de montage vidéo et des logiciels de composition musicale pour permettre la création sans apprendre ni utiliser l'algorithmique.



Prototype permettant de créer des interactions sur une timeline fondée sur un temps relatif.

### Discussion

Une étude préliminaire a permis de valider le concept de base qui est d'utiliser un système hybridant une timeline, comme dans les éditeurs de montage vidéo, et une partition, comme dans les logiciels de composition musicale. L'enjeu majeur était de vérifier s'il est possible d'utiliser ces métaphores, déjà connues et validées, en les mettant différemment en jeu. En effet, la différence majeure concerne la notion du temps qui est continu et sans interruption dans les éditeurs de montage vidéo et de composition musicale mais qui est relatif dans le cadre des interactions où les actions de l'humain ou du système informatique s'effectuent à une temporalité imprévisible. Dans la suite du projet, il faudra enrichir le prototype existant puis mesurer son usage au travers de mises en contexte auprès de différents publics, sans oublier que ce projet implique deux catégories d'utilisateurs : les créateurs et les utilisateurs finaux qui ont un travail cognitif à effectuer.

#### Pour aller plus loin

---

C. Jost, J. Debloos, D. Archambault, B. Le Pévédic, J. Sagot, R. Sohier, C. Tijus, I. Truck, G. Uzan : *PRIM Project: Playing and Recording with Interactivity and Multisensoriality in Work-in-Progress category of IMX 2021*, ACM international conference on Interactive Media Experiences, 21st-23rd June – Virtual (New York City, USA).

C. Jost, B. Le Pévédic, G. Uzan : *Using Multisensory Technologies to Stimulate People: a Reflexive Paper on Scenarigrams*, In *SensoryX '21: Workshop on Multisensory Experiences, together with IMX 2021*: ACM International Conference on Interactive Media Experiences. June 21-23, 2021, NY, USA.

J. Debloos, C. Jost, B. Le Pévédic, G. Uzan : *Création de scénarigramme : critères d'un logiciel « idéal » utilisable par des non informaticiens*, in *JCJC 2021*, Conférence Colloque Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs Technologies, insertion, handicap, autonomie vieillissement, 21 octobre 2021, Créteil, France.

# La moralisation et l'extrémisme des attitudes amplifient le partage du « Myside »

## Contexte scientifique

Dans de nombreux pays, les libéraux et les conservateurs sont de plus en plus souvent incapables de parvenir à des accords politiques sur des questions polarisées. Ce phénomène est en partie ancré dans des désaccords sur les faits. Par exemple, les libéraux estiment que les niveaux d'immigration illégale sont plus faibles que les conservateurs, tandis que les libéraux estiment que les taux de criminalité sont plus élevés en raison du droit de porter des armes. Nous étudions ici de manière expérimentale un mécanisme qui pourrait, au niveau collectif, aider à expliquer cette polarisation autour des affirmations factuelles. En particulier, nous nous demandons si les convictions morales des gens peuvent amplifier la préférence de partager des faits qui sont cohérents avec leurs croyances préexistantes.

## Méthode

Dans 11 études en ligne impliquant plus de 6 000 participants américains, nous avons examiné les décisions autodéclarées des participants de partager des articles d'actualité. Ces articles portaient sur quatre sujets controversés - le contrôle des armes à feu, l'avortement, l'égalité sexuelle et raciale - sur des médias sociaux simulés.

## Résultats principaux

Les personnes interrogées ont systématiquement montré une préférence « myside » pour le partage des titres de presse dont les conclusions rejoignent ou soutiennent leur position antérieure sur le sujet en question. Cette tendance était amplifiée de manière indépendante par leur degré de moralisation et l'extrémisme de leur attitude sur le sujet. Ainsi, les personnes ont montré la plus forte préférence de partage « myside » lorsqu'elles étaient également moralement investies dans le sujet. Ces effets se sont généralisés aux vraies et aux « fausses nouvelles », et ils se sont également maintenus malgré les manipulations de l'orientation politique du public et des conséquences du partage sur la réputation. Il est encourageant de constater que l'exposition à des messages mettant en garde contre le biais myside et le partage myside a modéré le partage myside des vraies et fausses nouvelles congruentes.

## Discussion

Avant ces travaux, nous savions que les gens croient de préférence les preuves qui s'alignent sur leurs propres opinions préexistantes, et que la conviction morale peut entraîner des déductions erronées à partir de preuves non ambiguës. Il s'agit là de biais « du côté de la consommation » liés à la manière dont les gens assimilent les informations à caractère moral. L'étude actuelle met en évidence un biais « côté production » qui peut s'interfacer avec ces biais côté consommation, avec pour résultat net collectif une distorsion et une polarisation de l'information.

Pour aller plus loin

---

<https://osf.io/twq3y>

# PeriTia Policy, Expertise and Trust in Action

Institut | Nicod

## Contexte scientifique

PeriTia est un projet européen (Horizon2020) qui étudie la confiance du public dans l'expertise. Notre équipe pluridisciplinaire cherche à aider les citoyens et les décideurs politiques à comprendre la confiance dans la science et à identifier les expertises dignes de confiance. Ce faisant, nous visons à renforcer la confiance dans une meilleure gouvernance démocratique pour l'avenir de l'Europe. L'hypothèse clé de PERITIA est que les facteurs affectifs et normatifs jouent un rôle central dans les décisions de faire confiance. Cela s'applique même dans les cas où les jugements de fiabilité peuvent sembler fondés sur des considérations épistémiques, telles que la réputation professionnelle, la fiabilité et l'objectivité. Notre équipe explore cette hypothèse de manière conceptuelle et la teste de manière empirique.

## Méthode

### Phase 1 : Théorie

- La confiance et les conditions de réussite des mécanismes de conseil politique
- La confiance dans un paysage médiatique en mutation
- L'éthique de la confiance
- Réputation scientifique et confiance
- La psychologie de la confiance

### Phase 2 : Expérimentation

- Collecte de données par le biais d'enquêtes et analyse des données existantes sur la confiance : Irlande, Royaume-Uni, Norvège, Allemagne, Pologne, Italie, France
- Mesures expérimentales de la confiance
- Déterminants comportementaux de la confiance et de la méfiance

### Phase 3 : Recommandations et dissémination

- Outils comportementaux pour instaurer la confiance
- Forums de citoyens
- Concours de rédaction « La jeunesse européenne sur la confiance »
- Recommandations politiques et dialogue avec les décideurs politiques



**PERITIA**  
Policy, Expertise and Trust

## Résultats principaux

De 2020 à 2023, l'équipe PERITIA produit des résultats de recherche pour étudier les conditions dans lesquelles les gens font confiance à l'expertise utilisée pour informer le public.

## Discussion

La question « Pourquoi faire confiance aux experts ? » invite chacun à réfléchir au rôle de l'expertise dans notre vie quotidienne. Nous avons tous vu le rôle clé joué par les experts pour conseiller les citoyens et les politiciens pendant la pandémie. Le moment est peut-être venu de nous poser quelques questions pertinentes sur la confiance dans l'expertise. Comment fonctionne la confiance dans les experts ? Comment la confiance dans la science est-elle liée à la confiance dans les médias ? Pourquoi la confiance dans l'expertise est-elle importante pour les démocraties ? Comment pouvons-nous apprendre à faire confiance aux experts dignes de confiance ?

### Pour aller plus loin

---

<https://peritia-trust.eu/about-peritia/>

[https://youtu.be/hr3jghs8ZxI?list=TLGGVEQFPj8ki\\_cxMzA1MjAyMg](https://youtu.be/hr3jghs8ZxI?list=TLGGVEQFPj8ki_cxMzA1MjAyMg)

## Contexte scientifique

ArTiculation est un projet interdisciplinaire réunissant des concepteurs d'expériences en réalité virtuelle, des neuro-scientifiques, des danseurs, des anthropologues et des spécialistes du design d'interaction. Ce projet cherche à comprendre comment un collectif se met à créer ensemble à travers ses interactions gestuelles. Pour isoler, stimuler et analyser le geste nous faisons appel à la réalité virtuelle pour designer des paradigmes expérimentaux pouvant, tour à tour, être utilisés à des fins artistiques, scientifiques ou cliniques. ArTiculation est un projet de recherche soutenu par l'École Universitaire de Recherche ArTeC et porté par le Laboratoire Structures Formelles du Langage (UMR 7023 CNRS/Université Paris 8) en partenariat avec l'Université de Californie Davis (UCD) et le groupe de recherche Spatial Media d'EnsadLab, le laboratoire de recherche de l'École nationale supérieure des Arts Décoratifs (Université Paris Sciences et Lettres).

## Méthode

ArTiculation est un paradigme d'étude du geste artistique en créations collaboratives. Pour isoler, stimuler et analyser le geste, nous faisons appel à un dispositif minimaliste de réalité virtuelle (SHIVR) dans lequel deux personnes représentées chacune par trois sphères dansent librement ensemble. La capture et l'analyse en temps-réel de leurs mouvements et de leur physiologie et le recueil a posteriori de leur vécu permettra d'identifier l'émergence de formes intersubjectives et de dynamiques d'interactions créatives. Sur cette base, nous pourrions créer un agent virtuel avec lequel il sera possible d'interagir.

## Résultats principaux

Cette recherche a permis de théoriser et d'expérimenter plusieurs concepts tels que : la « Shared Diminished Reality (SDR) ». Une réalité diminuée et partagée, inspirée des approches minimalistes en art (danse, théâtre, animation, arts plastiques.)

Elle a donné lieu à

- un symposium: *Virtual Creativity, Collective Realities*, les 12 -13 novembre 2019 à L'Ensad et les 14-15 novembre 2019 au Centre CNRS Pouchet
- à l'organisation de plusieurs workshops de recherche-crédation (Tate modem, 2 résidences de recherches à Larret (Périgord, France) du 8 au 12 Mars et du 10 au 14 Mai 2021
- à deux publications scientifiques (cf références ci-contre « Pour aller plus loin »).



Workshop ArTiculation à Larret, Périgord, expérimentation du concept de médian en co-présence. Rémi Sagot-Duvauroux, doctorant SACRe PSL/ENSAD, Alexandra Endaltseva socio-anthropologue CNRS, mai 2021. Photo © François Garnier

## Discussion

Les résultats suggèrent que la minimisation de la représentation de soi, associée à des scénarios d'exploration ouverte, a un impact positif sur la dynamique relationnelle, et stimule la créativité et l'improvisation. Cette recherche se poursuit autour des concepts de « lapin blanc » un guide permettant de faire le lien entre les différentes couches sensorielles, physiques ou virtuelles d'un dispositif de réalité mixte, ainsi que celui de médian, une représentation synthétique permettant de visualiser, monitorer, et qualifier une relation intersubjective. Cette recherche pourrait trouver des applications dans le secteur de la communication (pilotage d'expériences immersives, gestion de flow) et de la santé (e.g. autisme, TDAH, etc.).

### Pour aller plus loin

---

*Shared Diminished Reality: A New VR Framework for the Study of Embodied Intersubjectivity.* Vuarneison L, Zamplaras D, Laroche J, Dumit J, Lutes C, Bachrach A and Garnier F (2021). *Front. Virtual Real.* 2:646930. doi: 10.3389/frvir.2021.646930

*[Re]moving bodies – a Shared Diminished Reality installation for exploring relational movement.* Laroche J, Vuarneison L, Endaltseva A, Dumit J and Bachrach A (2021). *Front. Psychol.* doi: 10.3389/fpsyg.2021.539596

# H2020 TAILOR

## Fondements d'une IA digne de confiance intégrant l'apprentissage, l'optimisation et le raisonnement

### Contexte scientifique

Dans le contexte de l'ICT-48-2020, différents projets abordent diverses facettes de l'IA. TAILOR se concentre sur les fondements de l'IA fiable, par opposition à d'autres projets portant sur d'autres aspects fondamentaux complémentaires de l'IA, tels que les robots intelligents, les systèmes d'IA centrés sur l'homme, ou l'informatique périphérique et le matériel d'IA. L'objectif de TAILOR est de renforcer la capacité à fournir les fondements scientifiques de l'IA fiable en Europe en développant un réseau de centres d'excellence en recherche qui exploitent et combinent l'apprentissage, l'optimisation et le raisonnement.

### Méthode

Le projet TAILOR créera un réseau de recherche universitaire, public et industriel solide, capable de fournir la base scientifique de l'IA fiable. Le programme de recherche est divisé en cinq thèmes : Trustworthy AI, AI Paradigms & Representations, Acting, Social, et AutoAI. Les outils à utiliser sont les suivants :

- Un ensemble de mécanismes soutenant l'innovation, la commercialisation et le transfert de connaissances vers l'industrie, tels que des ateliers thématiques, des doctorants industriels et des laboratoires de recherche conjoints académiques et industriels s'appuyant sur quelques entreprises représentatives et de grands instituts de recherche ayant des liens étroits avec de nombreux domaines d'application et entreprises différents.
- Un ensemble de mécanismes favorisant une collaboration efficace au sein du réseau, tels que des outils de collaboration assistée par ordinateur, un programme de doctorat et des programmes de formation.
- Un fonds de connectivité pour soutenir la diffusion active à travers l'Europe par le biais, par exemple, de visites de recherche et d'ateliers conjoints permettant au réseau de se développer et de soutenir le renforcement scientifique d'autres groupes de recherche.



### Résultats principaux

Le réseau fournira deux mécanismes novateurs à la pointe de la technologie :

- Une feuille de route de recherche stratégique et d'innovation multipartite recueillant et surveillant en permanence les défis de recherche scientifique pour parvenir à une IA digne de confiance qui coordonne et guide la recherche dans le réseau.
- Un programme de recherche fondamentale formant des environnements de recherche virtuels avec un grand nombre des meilleurs chercheurs en IA d'Europe pour relever les principaux défis scientifiques identifiés dans la feuille de route, avec un accent technique sur l'intégration de l'apprentissage, de l'optimisation et du raisonnement.

### Discussion

L'IRIT participe à quatre workpackages TAILOR : Deciding and Learning how to Act, Trustworthy AI, AI Paradigms & Representations, et Social AI.

Pour aller plus loin

---

<https://tailor-network.eu>

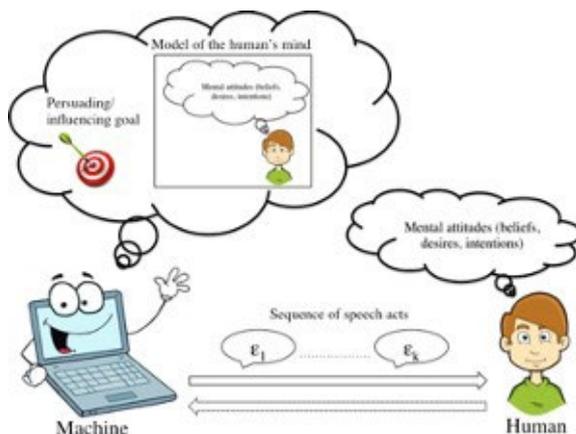
# Planification cognitive : de la théorie à l'implémentation (COPAINS)

## Contexte scientifique

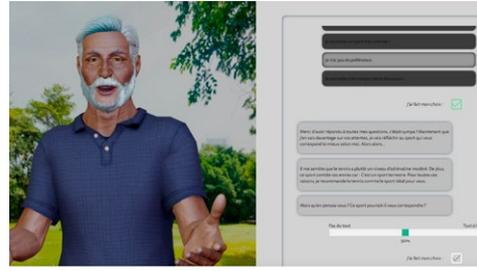
La planification est le sous-domaine de l'intelligence artificielle qui consiste à trouver une séquence d'actions pour atteindre un certain but. En planification classique, les actions exécutées par l'agent planifiant sont de type ontique : elles changent le monde physique dans lequel l'agent est situé (par exemple, les actions de déplacement d'un robot dans l'espace). Plus récemment, les chercheurs en IA se sont intéressés à la planification épistémique dans laquelle les actions sont de type informatif : elles changent les croyances d'un agent cible. La planification cognitive, étudiée dans le contexte du projet ANR PRCE CoPains (« Cognitive Planning in Persuasive Multimodal Communication »), généralise la planification classique et épistémique. Elle vise à changer non seulement l'environnement (le monde physique) et les croyances de l'agent cible, mais plus globalement son état cognitif, y compris ses attitudes épistémiques (par exemple, ses connaissances et ses croyances), ses motivations (par exemple, ses intentions) et ses émotions.

## Méthode

D'un point de vue méthodologique, le projet CoPains repose sur la logique formelle, en particulier sur la logique épistémique. Le modèle logique de la planification cognitive développé au sein du projet a été implémenté dans un agent conversationnel afin de le rendre capable 1) de motiver l'utilisateur à pratiquer une activité physique régulière et 2) d'aider l'utilisateur à trouver une activité sportive en adéquation avec ses préférences et ses envies.



Planification cognitive : schéma conceptuel



Exemple de conversation avec un agent virtuel

## Résultats principaux

Un modèle ainsi qu'un algorithme de planification cognitive ont été développés. L'algorithme vise à rechercher une séquence d'actes de langage dans le but d'induire un changement dans l'état cognitif de l'utilisateur.

## Discussion

L'objectif du projet ANR CoPains est de construire un agent artificiel capable d'inciter les utilisateurs humains à adopter des comportements sains et, si nécessaire, de les persuader de changer leurs habitudes dans leur intérêt. Plus précisément, l'application du projet est la technologie persuasive dans le domaine de la santé dans lequel un agent conversationnel interagit avec une personne de manière multimodale afin de soutenir son activité et de veiller à son bien-être. Afin d'interagir avec la personne de manière efficace, l'agent doit être doté d'un modèle sophistiqué de la cognition humaine qui le rendra capable d'être persuasif et de planifier une séquence d'actions visant à influencer le comportement de l'utilisateur. Par exemple, l'agent exploitera sa connaissance des attitudes cognitives et des états affectifs de l'utilisateur afin de le persuader de se comporter de manière saine et de s'abstenir de se comporter d'une manière malsaine (ex. : en prenant un médicament prescrit, en faisant une activité physique régulière, en mangeant des aliments sains, etc.).

### Pour aller plus loin

Fernandez Davila, J. L., Longin, D., Lorini, E., Maris, F. (2021). *A Simple Framework for Cognitive Planning*. *Proceedings of the Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-21)*, AAAI Press, pp. 6331-6339.

Lorini, E., Sabouret, N., Ravenet, B., Fernandez Davila, J., Clavel, C. (2022). *Cognitive Planning in Motivational Interviewing*. In *Proceedings of the 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2022)*, SCITEPRESS, pp. 508-517.

# Green Time

## Influence du contact avec la nature sur les émotions et la perception de temps

### Contexte scientifique

Dans le domaine de la prise de décision, la perception du temps de la part des consommateurs et usagers des services a été largement étudiée, notamment car les individus tendent à surestimer le temps passé à attendre un service (Hornik 1984; Katz, Larson, and Larson 1991), et cela influence négativement l'expérience perçue et la satisfaction des individus (e.g. Taylor 1994, 1995). En effet, les individus dans des états émotionnels négatifs surestiment le temps passé, alors que les individus dans des états émotionnels positifs le sous-estiment. A partir de plusieurs recherches démontrant que l'immersion dans un contexte naturel influence de manière positive les états émotionnels des individus, augmentant les émotions positives et baissant celles négatives (Barton et Pretty, 2010; Neill, Gerard et Arbuthnott, 2018 ; Beukeboom, Langeveld, et Tanja-Dijkstra, 2012; Dijkstra, Pieterse, et Pruyn, 2008), nous avançons l'hypothèse que le contact avec la nature, induisant des états émotionnels positifs, amènera aussi à une sous-estimation du temps d'attente. L'objectif de ce projet est d'analyser plus en détails les émotions suscitées par le contact avec la nature et leur influence sur la perception du temps.

### Méthode

Nous avons mené une étude expérimentale selon un protocole avec une variable indépendante inter-sujets à trois niveaux : vraie plante vs fausse plante vs contrôle (statue). Procédure : chaque participant devait compléter six tâches de comptage d'objets, et il devait estimer pour combien de temps l'image leur a été présentée après chaque tâche de comptage. La variable inter-sujet était variée dans la tâche de comptage : les individus en condition de vraie plante devaient compter les images d'un vrai arbre, les individus en condition de fausse plante devaient compter les images d'un arbre artificiel, et les individus en condition de contrôle devaient compter les images d'une statue. Les tâches de comptage faisaient aussi varier deux variables intra-sujets, de manière à contrôler l'effet parasite possible de la charge mentale : le nombre d'objets comptés (18 vs 23 vs 31) et la durée de présentation de l'image (10.2 vs 14.2 secondes). Suite aux tâches de comptage, les participants devaient répondre à des échelles concernant leurs états émotionnels (Harmon-Jones et al., 2016) et leur proximité à la nature (*Connectedness to nature* ; Mayer and Frantz, 2004 ; Navarro et al. 2017).



Condition  
contrôle :  
statue



Condition fausse  
nature : chêne en  
plastique



Condition vraie  
nature : image vrai  
chêne

Type d'image que les participants doivent compter.

### Résultats principaux

Le recueil des données est terminé (N= 275), et l'analyse est en cours.

#### Pour aller plus loin

---

Lucia Bosone, Nadine Chaurand, Simon Lhuillier, Haouria Basiyd Fellahi - Contact : lucia.bosone@univ-eiffel.fr  
LaPEA, Université Gustave Eiffel, Université Paris Cité

# Cognition et langage

36



Prendre en compte des processus cognitifs langagiers dans les systèmes de traitement automatique du langage pour améliorer l'interaction humain-machine (traitement de la parole, du langage et des langues, apprentissage, multimodalité, gestualité, multilinguisme, traduction assistée, affects, identification de la langue et du locuteur, agents conversationnels).

*Corinne Fredouille (LIA) et Núria Gala (LPL) - Coordinatrices scientifiques*

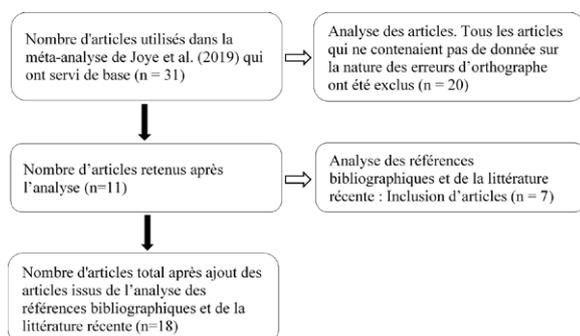
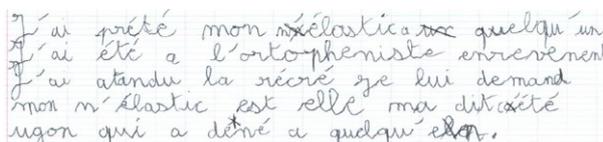
# Quelle est la nature des erreurs d'orthographe produites par les enfants présentant un TDLO<sup>1</sup> ?

## Contexte scientifique

Les recherches conduites auprès des enfants atteints d'un TDLO montrent que leurs difficultés langagières rencontrées à l'oral perdurent à l'écrit, notamment en orthographe et ceci quelle que soit leur langue maternelle (Joye, Broc, Olive & Dockrell, 2019). L'objectif de cette revue de question était de mieux comprendre les erreurs d'orthographe produites par ces enfants à partir de trois questions : Les difficultés orthographiques des enfants avec un TDLO proviennent-elles d'une faiblesse au niveau des représentations phonologiques, orthographiques et/ou morphologiques ? Les erreurs d'orthographe produites par les enfants TDLO varient-elles en fonction de leur langue maternelle ? La présence d'une comorbidité, telle qu'une dyslexie, impacte-t-elle la qualité de l'orthographe chez les enfants TDLO ?

## Méthode

Les 5 phases décrites par Arksey et O'Malley (2005) et Levac et al. (2010) pour mener une revue de question ont été suivies: (a) spécifier la question de recherche ; (b) identifier les études pertinentes ; (c) sélectionner les études ; (d) enregistrer les données ; et (e) rassembler, résumer et rapporter les résultats ont été suivies. Dix-huit études menées auprès de participants TDLO anglais, français, suédois, italiens ou espagnol âgés de 7 à 18 ans ont été analysées. Dans ces études, les participants atteints d'un TDLO ont été appariés à des groupes contrôles soit en fonction de leur âge chronologique, soit en fonction de leur âge langagier (niveau de vocabulaire par exemple), soit en fonction de la présence d'une comorbidité telle qu'une dyslexie. Les 18 études contenaient une description qualitative de la nature des erreurs d'orthographe produites.

J'ai prêté mon ~~mélástico~~ ~~à~~ quelqu'un  
 J'ai été à l'orthopédiste enrevérent  
 J'ai attendu la récré je lui demand  
 mon m'élástico est elle ma ditacité  
 ygon qui a devné à quelqu'elou.

Production écrite d'une enfant TDLO de 8 ans et 5 mois.

## Résultats principaux

L'analyse met en évidence que les représentations phonologiques, la conscience morphologique et les compétences en lecture doivent être prises en compte dans l'évaluation des difficultés d'orthographe chez les enfants et adolescents TDLO.

## Discussion

Cette revue de question a permis de proposer trois étapes à suivre dans la démarche d'évaluation de l'orthographe chez les enfants et adolescents TDLO. Dans une 1<sup>ère</sup> étape, il s'agit de repérer si l'enfant plus jeune avait à l'oral des difficultés à repérer des sons identiques dans des mots différents (représentations phonologiques) et à faire des accords en genre et en nombre (conscience morphologique). Dans une 2<sup>ème</sup> étape, il est important d'analyser qualitativement les erreurs d'orthographe produites par l'enfant pour étayer une intervention ciblée. Ici, les différentes composantes, phonologique, lexicale et morphologique de l'orthographe doivent être évaluées. Enfin, la 3<sup>ème</sup> étape doit prendre en compte les difficultés orthographiques surajoutées par la présence d'une comorbidité, par exemple la dyslexie.

### Pour aller plus loin

1. Le terme Trouble Développementale du Langage Oral (TDLO) recouvre également celui de dysphasie.

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). *Scoping studies: Towards a methodological framework*. International Journal of Social Research Methodology, 8, 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>

Broc, L., Joye, N., Dockrell, J., & Olive, T. (2021). *Capturing the nature of the spelling errors in Developmental Language Disorder: A scoping review*. Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 26, 1-14. [https://doi.org/10.1044/2021\\_LSHSS-20-00086](https://doi.org/10.1044/2021_LSHSS-20-00086)

Joye, N., Broc, L., Olive, T., & Dockrell, J. (2019). *Spelling performance in children with Developmental Language Disorder: A meta-analysis across European languages*. Scientific Studies of Reading, 23(2), 129-160. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1491584>

Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). *Scoping studies: Advancing the methodology*. Implementation Science, 5, 69. <http://www.implementationscience.com/content/5/1/69>

# RUGBI



Institut de Recherche  
en Informatique de Toulouse



## Contexte scientifique

Dans le contexte des troubles de la production de la parole observés dans les cancers ORL, les pathologies neurologiques, sensorielles ou structurelles, l'objectif du projet RUGBI est d'apporter des améliorations à la mesure du déficit d'intelligibilité. En effet, les troubles de la production de la parole peuvent entraîner une perte d'intelligibilité importante, rendant difficile la communication des patients avec leur entourage et limitant leur vie professionnelle et/ou sociale. Classiquement, l'évaluation clinique de l'intelligibilité est basée sur une évaluation perceptive globale jugée insatisfaisante par sa subjectivité, son manque de précision et sa durée qui conduisent à des mesures erronées de l'intelligibilité du patient. De plus, les tâches de production de la parole dédiées à ce type d'évaluation (répétition de mots, de phrases, lecture) sont loin d'être adaptées à une mesure précise de l'intelligibilité et ne permettent qu'une évaluation globale de l'atteinte fonctionnelle de la parole.



Enregistrement d'une session dans la cabine insonorisée de l'IUCT.

## Méthode

RUGBI propose de dépasser ces limites en développant un nouvel outil d'évaluation objective basé sur i) l'identification des unités linguistiques pertinentes d'un point de vue acoustique et prosodique, et ii) l'identification des tâches linguistiques sensibles. L'objectif du projet RUGBI est donc de compléter les outils du thérapeute par une mesure précise, robuste et rapide permettant de développer un projet thérapeutique optimisé en vue d'une amélioration tangible de l'intelligibilité. Pour cela, RUGBI s'appuie sur des corpus importants, et déjà disponibles, de productions vocales de sujets sains (190) et de patients (365) présentant des pathologies d'origine structurelle (cancers des VADS) et neurologique (maladie de Parkinson), dans l'exécution de différentes tâches linguistiques, et pour une partie d'entre eux, à différents stades de la maladie. Ces corpus constituent un atout considérable pour la conduite des deux axes d'étude du projet, respectivement basés sur i) la perception de l'intelligibilité de la parole et ii) la modélisation du traitement automatique de la parole, et plus particulièrement, sur le l'apprentissage profond et ses propriétés de représentation des données qui devront être exploitées ici.

sévérité du trouble de la parole à l'aide de méthodes d'apprentissage profond : d'une modélisation à partir de quelques exemples à un apprentissage auto-supervisé via une mesure entropique ». Sebastao Quintas travaille sur « Approches d'apprentissage profond pour évaluer l'intelligibilité de la parole en cas de cancer ORL ». Sondes Abderrazek base son doctorat sur « Apport de l'apprentissage profond dans la recherche d'unités linguistiques pertinentes dans le signal acoustique pour améliorer la mesure de l'intelligibilité de la parole altérée par des troubles de production pathologique ». Robin Vaysse s'intéresse pour sa part à l'analyse de la prosodie et en particulier du rythme dans la parole pathologique. Et Marie Rebourg travaille sur le sujet : « Vers une mesure objective de la parole altérée après traitement de cancer ORL : analyse perceptive et acoustique ».

## Discussion

L'objectif central du projet est de réunir l'expertise de ses membres issus du domaine médical, du domaine des sciences du langage et de l'ingénierie de la parole et du langage pour relever les défis de la biologie et de la santé. L'expertise multidisciplinaire ainsi acquise par RUGBI est un gage de réussite.

## Résultats principaux

Le projet a fédéré de nombreux travaux de doctorants : Mathieu Balaguer a soutenu le 12 octobre 2021 son doctorat sur la « Mesure de l'altération de la communication par analyses automatiques de la parole spontanée après traitement d'un cancer oral ou oropharyngé ». Vincent Roger va bientôt soutenir son doctorat sur la « Modélisation de l'indice de

Pour aller plus loin

---

<https://www.irit.fr/rugbi>

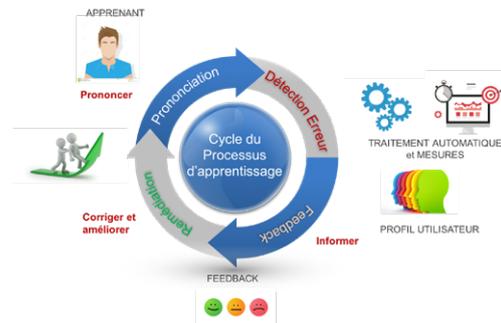
### Contexte scientifique

Le laboratoire commun ALAIA (2019-2023) repose sur un partenariat entre l'IRIT et la société Archean Technologies. Développer et déployer des logiciels innovants dans le domaine de l'apprentissage des langues étrangères se fonde sur une approche fortement interdisciplinaire associant les domaines de la didactique, de la linguistique, de la recherche en informatique et des techniques d'interaction avec les apprenants. L'expression et la compréhension orale sont au coeur des travaux dont l'objectif est, à terme, de proposer des services dédiés aux apprenants et aux enseignants de langue pour d'une part évaluer la qualité de la prononciation et la compréhensibilité des productions des apprenants et d'autre part co-construire avec les enseignants des exercices de correction adaptés au profil de chaque apprenant.

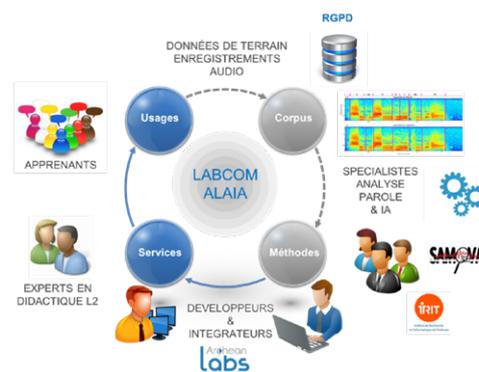
### Méthode

L'acquisition des compétences orales (en compréhension et en expression), depuis la prononciation de simples mots jusqu'à l'élaboration d'énoncés plus complexes lors d'interactions orales avec des locuteurs natifs nécessite d'exploiter les différences systémiques entre langue maternelle de l'apprenant (L1) et langue étrangère cible (L2). La connaissance de la paire de langues L1/L2 permet de se focaliser sur les erreurs fréquentes et récurrentes qui se produisent dans le passage d'une langue à l'autre (difficulté à prononcer tel son par exemple). Cela permet également de cibler les contenus et exercices les plus pertinents compte tenu de la situation d'apprentissage considérée (L1, L2, profil et niveau des apprenants).

Pour cela nous explorons les méthodes d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique pour traiter la parole non-native et développer des fonctionnalités de détection, localisation et caractérisation d'erreurs de prononciation. Cela suppose également de recourir à des méthodes applicables à des corpus de données faiblement annotées, pour traiter les données terrain acquises dans le cadre du laboratoire commun dans le respect de la réglementation européenne sur la protection des données personnelles (RGPD). La définition de mesures automatiques (donc objectives) dédiées à l'évaluation de la prononciation dans des contextes linguistiques de complexité croissante (mots, phrases, discours spontané) est également au centre de nos travaux.



Processus itératif d'apprentissage



Articulation entre les partenaires et les usagers.

### Résultats principaux

Le choix de la première paire de langues étudiée (Japonais-L1/Français-L2) vient renforcer une collaboration déjà existante avec l'université de Waseda au Japon. Les algorithmes développées et testés ont vocation à être intégrés dans la plateforme logicielle développée et déployée à termes par la société Archean Technologies.

### Discussion

La définition d'une architecture adaptée aux types de services envisagés permet de procéder aux premiers transferts technologiques. La méthodologie développée pour la première paire de langues a vocation à être déclinée à d'autres paires de langues. Dans un premier temps, priorité est donnée à l'élaboration d'outils servant à l'apprentissage du français, dans son système «standard» qui pourra également être étendu aux variétés francophones dans un second temps.

#### Pour aller plus loin

Co-responsables : Isabelle Ferrané (IRIT) Lionel Fontan (Archean Labs)  
<https://www.irit.fr/SAMOVA/site/projects/current/labcom-alaia/>

# Pourquoi les enfants refusent-ils de manger de nouveaux aliments, particulièrement des fruits et légumes ?

## Contexte scientifique

Les autorités de santé recommandent la consommation d'au moins 5 portions de fruits et légumes chez l'enfant. On en est souvent loin, et ceci dans nombre de pays occidentaux. Un obstacle à la diversification alimentaire, notamment les fruits et légumes, chez le jeune enfant, serait la néophobie, c'est-à-dire le refus de consommer des aliments nouveaux. Nous avons fait l'hypothèse qu'une cause de la néophobie proviendrait des difficultés cognitives, notamment liées à la catégorisation correcte des aliments par les enfants les plus néophobes, ce que nous avons montré par plusieurs tâches.

## Méthode

Nous avons utilisé une tâche de catégorisation d'aliments (e.g., des fraises) et de non aliments (e.g., des billes) à classer correctement comme aliments ou non aliments dans des boîtes dédiées (voir Figure 1). On demande aux enfants d'aider un personnage à manger sans faire d'erreur de classification (« ce qui est mangeable »).

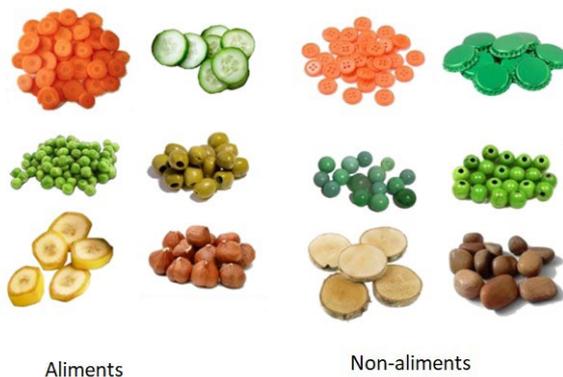


Figure 1

## Résultats principaux

Il y a une corrélation négative entre les performances en classification et les scores en néophobie (les enfants les plus néophobes classent moins bien).

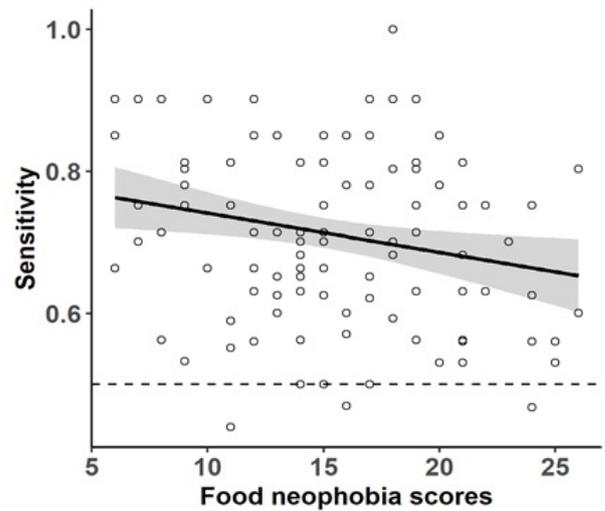


Figure 2 : Corrélation négative entre le score de néophobie et l'exactitude de la classification bonnes réponses et fausses alarmes.

## Discussion

La corrélation entre la tâche et la néophobie confirme les sous-basements cognitifs de la néophobie associée à une moindre discrimination des aliments. D'autres résultats confirment que les néophobes raisonnent moins bien sur les aliments et leurs propriétés. Ceci suggère une approche dans laquelle ces enfants recevraient une éducation plus systématique sur les aliments avec l'objectif, à tester, d'augmenter la familiarité des aliments auprès des néophobes et réduire leur rejet alimentaire.

### Pour aller plus loin

Foinant, D., Lafraire, J., & Thibaut, J. P. (2021). *Strength or nausea? Children's reasoning about the health consequences of food consumption*. *Frontiers in Psychology*, 12, 1119.

Foinant, D., Lafraire, F., & Thibaut, J. P. (2021). *Fatal errors in the food domain: children's categorization performance and strategy depend on both food processing and neophobic dispositions*. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 43, No. 43).

Lafraire, J., Rioux, C., Giboreau, A., & Picard, D. (2016). *Food rejections in children: Cognitive and social/environmental factors involved in food neophobia and picky/fussy eating behavior*. *Appetite*, 96, 347-357.

# PROPICTO

## PRojection du langage Oral vers des unités PICTOgraphiques



### Contexte scientifique

Le Laboratoire Informatique de Grenoble en association avec le laboratoire de traductologie de Genève a obtenu le financement du projet Propicto par l'Agence Nationale de la Recherche qui vise à développer les applications et recherches autour de la communication alternative et augmentée en se basant sur la traduction de la parole vers des pictogrammes.

Ce projet prévoit notamment de développer ce type d'application pour les personnes en situation de handicap et pour le milieu médical (urgences) ; et d'en avoir des évaluations scientifiques et terrain. Il se déroule sur 4 ans et financera 3 thèses, 1 post-doctorat, 3 masters et plusieurs ingénieurs.

### Méthode

Le cœur du projet s'articule autour de l'assistance à la communication orale. Les personnes en situation de handicap ne peuvent pas communiquer avec leur environnement de manière classique grâce à la voix, ni même parfois avec des gestes. Leurs capacités cognitives diffèrent, mais la mise en place d'un système de communication même rudimentaire est presque toujours possible ; la communication via des pictogrammes est ainsi de plus en plus utilisée dans les institutions et semble commencer à aller vers une normalisation.

### Résultats principaux

La retombée principale sera la contribution à de nouveaux outils pour la reconnaissance automatique de la parole dédiés au développement d'outils à destination de personnes en situation de handicap : analyse syntaxique de la parole, simplification automatique de la parole spontanée, base de données reliant pictogrammes et sens wordnet.

### Discussion

Dans ce projet, nous nous intéressons spécifiquement à la génération de pictogrammes à partir du langage naturel oral. Notre objectif est d'étudier et de proposer des solutions permettant de réaliser une projection du langage naturel vers un ensemble de pictogrammes, de manière automatique et à partir de la voix. Une volonté forte est de proposer des approches développées en partenariat avec les instituts et les familles.

#### Pour aller plus loin

---

Lucía Grijalba, Pierrette Bouillon, Johanna Gerlach, Benjamin Lecouteux, Didier Schwab, et al.. *Reconnaissance vocale du discours spontané pour le domaine médical*. Technologies du Langage Humain (TLH), Feb 2021, Paris, France.

Solène Evain, Benjamin Lecouteux, François Portet, Isabelle Estève, Marion Fabre. *Towards Automatic Captioning of University Lectures for French Students who are Deaf*. ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2020, Athènes, Greece.

Lucie Chasseur, Marion Dohen, Benjamin Lecouteux, Sébastien Riou, Amélie Rochet-Capellan, et al.. *Evaluation of the acceptability and usability of augmentative and alternative communication (AAC) tools: the example of pictogram grid communication systems with voice output*. ACM SIGACCESS 2020 - Conference on Computers and Accessibility, Oct 2020, Athènes, Greece. pp.Article 68.

## Contexte scientifique

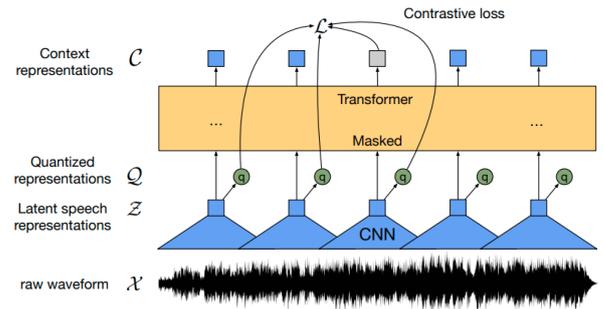
L'apprentissage autosupervisé permet d'apprendre des représentations d'informations à partir de données non annotées. En exploitant des modèles neuronaux profonds très efficaces comme les Transformeurs [1], cette technique a permis d'apprendre des représentations à partir d'énormes quantités aujourd'hui très abondantes de texte [2], d'images [3], ou encore d'audio [4,5]. Jusque là, ces modèles ont été appris pour l'anglais ou dans un cadre multilingues [6]. De plus leur évaluation ne présente pas un cadre homogène et cohérent. Le projet LeBenchmark a permis de combler en partie ce manque : d'un côté il a permis de livrer à la communauté des modèles autosupervisés pour le français ; d'un autre, il propose un cadre d'évaluation des modèles simple et rigoureux, basé sur des tâches classiques du traitement de l'oral.

## Méthode

Nous avons dans un premier temps collecté des ensembles de données audio en français. Pour un apprentissage plus générique et efficace ces données appartiennent à des genres assez différents : lu, spontané, émissions radio, etc. Les données ont été organisées en trois corpus de taille croissante : 1000 heures de signal (1K), 3000 heures (3K) et 7000 heures (7K). Avec ces données nous avons appris des modèles avec l'architecture wav2vec2 [4], en deux variantes de tailles différentes : base et large, la différence étant uniquement dans la taille et dans le nombre de couches employées dans le modèle neuronal. Ceci a donné lieu à 6 modèles, 2 par corpus, auxquels il a été ajouté un septième modèle entraîné sur 2.6K heures d'audio, obtenues du corpus 3K en n'utilisant que les deux plus gros jeux de données contenues dans celui-ci. Tous les modèles ont été entraînés avec le supercalculateur du CNRS Jean Zay et ont été mis en ligne pour la communauté. Tous les modèles ont été évalués avec 4 tâches classiques de traitement du signal : la reconnaissance automatique de la parole et des émotions, la compréhension automatique de la parole et la traduction automatique de la parole.

## Résultats principaux

Tous les modèles ont mené à des améliorations remarquables sur les tâches, par rapport à l'utilisation de traits audio classique, comme par exemple les MFCC, au lieu des caractéristiques calculées avec nos modèles.



## Discussion

Le projet a donné lieu à deux publications de très haut niveau [7,8] et a mis à disposition de la communauté les premiers modèles autosupervisés pour le français oral, ainsi que tous les systèmes pour les tâches en aval et les données pour apprendre les modèles. Certaines considérations ont toutefois été faites à propos de l'efficacité de la procédure pour apprendre les modèles SSL, la communauté semblant se baser majoritairement et aveuglement sur la quantité de données utilisées pour apprendre les modèles SSL et sur leur taille en nombre de paramètres. Une suite de notre projet vise ainsi à améliorer notamment l'architecture des modèles pour qu'ils apprennent plus efficacement les représentations des données visées.

### Pour aller plus loin

- 
- [1] *Attention is all you need*. Ashish Vaswani and Noam Shazeer and al. Neural Information Processing Systems, 2017. [2] *ERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. Jacob Devlin and Ming-Wei Chang and al. North American chapter of the Association for Computational Linguistics, 2019. [3] *Learning Image Embeddings using Convolutional Neural Networks for Improved Multi-Modal Semantics*. Douwe Kiela and Léon Bottou and al. Association for Computational Linguistics, 2014. [4] *Wav2Vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations*. Alexei Baevski and Henry Zhou and al. Neural Information Processing Systems, 2020. [5] *HuBERT: Self-Supervised Speech Representation Learning by Masked Prediction of Hidden Units*. Wei-Ning Hsu and Benjamin Bolte and al. Arxiv preprint, 2021. [6] *XLS-R: Self-supervised Cross-lingual Speech Representation Learning at Scale*. Arun Babu and Changan Wang and al. Arxiv preprint, 2021. [7] *LeBenchmark: A Reproducible Framework for Assessing Self-Supervised Representation Learning from Speech* Solène Evain and Ha Nguyen and al. Interspeech, 2021 [8] *Task-Agnostic and Task Specific Self-Supervised Learning from Speech with LeBenchmark*. Solène Evain and Ha Nguyen and al. Neural Information Processing Systems, 2021.

# HIBOU

## Un livre interactif avec textes gradués et simplifiés avec l'entreprise ISI

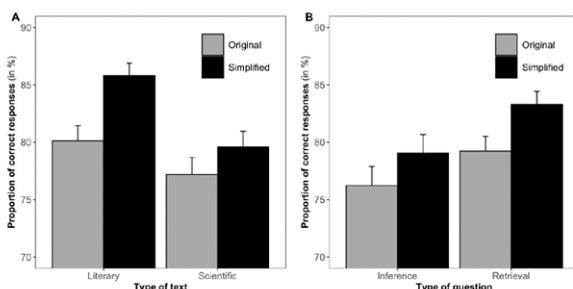


### Contexte scientifique

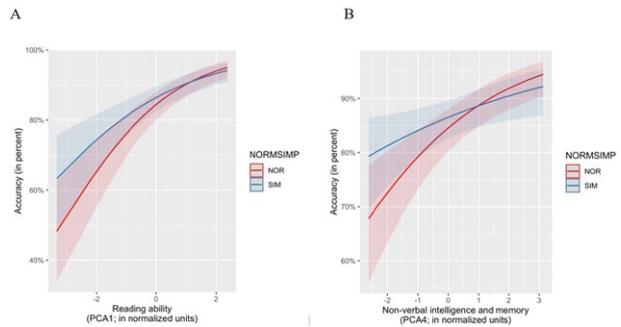
La compréhension en lecture est essentielle à la réussite des apprentissages et tout au long de la vie. L'enjeu est ici d'amener les élèves, notamment faibles lecteurs, à lire plus, à lire de façon plus efficace, voire à lire avec plaisir. Le LPC et le Laboratoire Parole et Langage (LPL), mènent des recherches sur la simplification des textes. L'hypothèse est qu'un texte simplifié offre une lecture plus aisée pour les enfants en difficulté, à savoir une lecture plus fluide et une compréhension améliorée. Ainsi, 69 textes ont été simplifiés pour les rendre plus compréhensibles en réduisant leur complexité lexicale, syntaxique et discursive, tout en conservant les informations principales et le sens original.

### Méthode

L'étude sur les bénéfices de la lecture auprès d'apprentis lecteurs a été menée en deux phases : (a) une phase de tests individuels dont le but était d'obtenir une variété de mesures linguistiques, cognitives et psycholinguistiques pour chaque participant et (b) une phase en classe, dans laquelle les enfants ont lu silencieusement et de manière autonome les différents textes issus du corpus ALECTOR (<http://corpusalector.huma-num.fr>). Chaque élève a lu 20 textes au total, 10 étaient des textes littéraires (5 originaux et 5 simplifiés) et 10 étaient des documentaires scientifiques (5 originaux et 5 simplifiés). La société ISI a porté l'ensemble des 69 textes littéraires et documentaires scientifiques dans un format standard EPUB en utilisant sa plateforme de création des EPUB et de leurs enrichissements ainsi que sa plateforme ISIaccess pour la lecture en classe de HIBOU, une plateforme déjà utilisée dans les collèges et lycées, conforme au RGPD et certifiée GAR.



Résultats du test de compréhension. A. Proportion de réponses correctes (en pourcentage) pour les textes littéraires et scientifiques simplifiés et originaux. B. Proportion de réponses correctes pour les textes simplifiés et originaux en fonction du type de question (type récupération versus type inférence). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard.



Précision de la compréhension de texte (pourcentage de bonnes réponses, axe des y) en fonction de la capacité de lecture (A) et de l'intelligence non verbale (B). Les courbes pleines et en pointillés représentent les précisions estimées à différents niveaux de la variable composante (en unités standardisées, axe des x). Les zones semi-transparentes sont les intervalles de confiance.

### Résultats principaux

Les résultats ont montré que la fluidité et la compréhension de la lecture étaient significativement meilleures pour les textes simplifiés que pour les textes normaux. Les mauvais lecteurs et les enfants aux capacités cognitives plus faibles ont été ceux qui ont le plus bénéficié de la simplification. Tous les textes sont disponibles : <https://lib.isiaccess.com/HIBOU/library>

### Discussion

Nos résultats montrent que la simplification du texte améliore significativement à la fois la compréhension et la vitesse de lecture chez les lecteurs débutants. Les enfants ayant de faibles compétences en lecture ont trouvé les plus grands avantages de la simplification dans la fluidité de la lecture et, dans une moindre mesure, dans la compréhension (effet marginalement significatif). Ce résultat confirme notre prédiction selon laquelle la simplification des textes devrait être particulièrement bénéfique pour les mauvais lecteurs. Les résultats suggèrent que les enfants ayant une intelligence non verbale plus faible et/ou des capacités de mémoire plus faibles bénéficient dans une plus large mesure de la simplification.

#### Pour aller plus loin

Contact : Ludivine Javourey, Nuria Gala, S  phane Dufau, Johannes Ziegler

Javourey-Drevet, L., Dufau, S., Fran  ois, T., Gala, N., Ginesti  , J., & Ziegler, J. (2022). *Simplification of literary and scientific texts to improve reading fluency and comprehension in beginning readers of French*. *Applied Psycholinguistics*, 43(2), 485-512. doi:10.1017/S014271642100062X

# LUM

## Liens manquants et unification fonctionnelle entre le langage et la mémoire

### Contexte scientifique

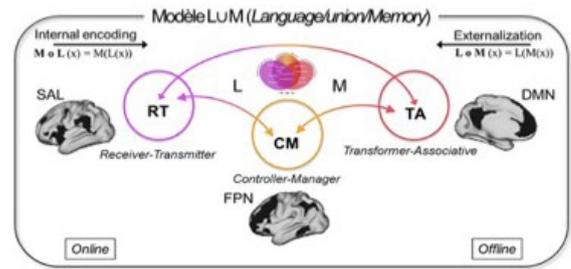
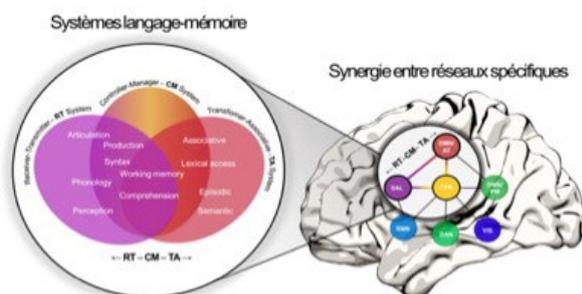
La neurocognition connaît un changement de perspective vers une vision intégrative et dynamique des domaines cognitifs traditionnellement considérés comme distincts. Bien qu'elles soient des fonctions distinctes soutenues par des systèmes neuronaux spécifiques, le langage et la mémoire partagent aussi des structures et processus cognitifs communs. Nous proposons ici un modèle intégratif LUM (langage/union/mémoire) qui se situe dans cette nouvelle perspective.

### Méthode

Des cartes cérébrales fonctionnelles dérivant de méta-analyses associées au langage et à la mémoire déclarative ont été analysées afin de révéler la composition factorielle sous-jacente au continuum langage-mémoire. Une approche de connectivité fonctionnelle a été utilisée pour identifier l'architecture interactive sous la forme de trois systèmes sous-tendus par des réseaux cérébraux spécifiques.

### Résultats principaux

LUM intègre trois modules, Embodiment (EMB), Formulation (FORM) et Internalisation (INT) qui communiquent réciproquement. EMB fait référence à la dimension sensori-motrice du langage en tant que processus incarné. FORM fait référence aux processus de contrôle qui sous-tendent l'organisation, l'élaboration et le maintien actif des représentations langagières en mémoire. INT comprend les opérations permettant l'intégration de représentations mentales multimodales, hautement dimensionnelles. De manière simplifiée, EMB serait un « Récepteur-Transmetteur », FORM un « Contrôleur-Gestionnaire » (FORM) et INT un « Transformateur-Associatif ».



Représentation du Modèle LUM : les cartes cérébrales fonctionnelles dérivant de méta-analyses associées au langage et à la mémoire déclarative ont été analysées afin de révéler la composition factorielle sous-jacente au continuum langage-mémoire. Trois systèmes fondamentaux ont été identifiés : 1. Récepteur-Transmetteur (RT) – 2. Contrôleur-Gestionnaire (CM) – 3. Transformateur-Associatif (TA) ; et labélisés en fonction de leur composition (se référer à l'article pour une description détaillée). Le triptyque proposé est soutenu par les observations issues de la connectivité fonctionnelle, attestant de sa pertinence neurobiologique. Des interactions dynamiques et continues entre des réseaux cérébraux spécifiques à chacun des systèmes (réseau attentionnel ventral ou de la saillance, SAL; réseau fronto-pariétal, FPN et réseau du mode par défaut, DMN), assurent l'unité entre le langage et la mémoire.

### Discussion

LUM améliore notre compréhension des relations cerveau-comportement pour le langage et la mémoire en interaction. En confrontant ce modèle aux données des patients, nous démontrons l'intérêt de ce nouveau cadre théorique pour saisir, anticiper et interpréter les différences interindividuelles. La prise en considération d'une perspective élargie et s'appuyant sur les techniques les plus récentes en matière de connectivité cérébrale, est une étape essentielle pour le développement de modèles neurobiologiques intégratifs qui s'approchent davantage de la cognition en contexte naturel et des symptômes neuropsychologiques présentés par les patients. Cette nouvelle taxonomie permet de dépasser la vision modulaire du fonctionnement cognitif.

### Pour aller plus loin

Contact : Pr. Monica Baciu, Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, CNRS UMR 5105, UGA BSHM, 1251 Avenue Centrale, Grenoble, 38058  
Tel: +33 (0)4 76 82 58 80 - monica.baciu@univ-grenoble-alpes.fr - [@MBaciu2017](https://lpnc.univ-grenoble-alpes.fr/membre/monica-baciu)

Roger E, Banjac S, Thiebaut de Schotten M, Baciu M. *Missing links: The functional unification of language and memory (LUM)*. *Neurosci Biobehav Rev*. 2022 Feb; 133:104489. doi: 10.1016/j.neubiorev.2021.12.012. Epub 2021 Dec 17. PMID: 34929226.

# Un classificateur de type de voix open-source pour les enregistrements d'une journée centrée sur l'enfant



Train/Dev.	System	KCHI	OCH	MAL	FEM	SPEECH	Ave.
english (USA)	LENA	54.9	28.5	37.2	42.6	70.2	46.7
without Paido	binary	67.6	23.0	31.6	62.6	77.6	52.5
with Paido	multi	66.4	19.9	39.9	63.0	77.6	53.3
without Paido	multi	<b>68.7</b>	<b>33.2</b>	<b>42.9</b>	<b>63.4</b>	<b>78.4</b>	<b>57.3</b>

Tableau des résultats : Performance sur l'ensemble de données retenues en termes de mesure F entre la précision et le rappel. La colonne « Moy. » représente la mesure F moyennée sur les 5 classes. L'ensemble de données holdout n'a jamais été vu pendant l'entraînement, ni par LENA, ni par notre modèle.

## Contexte scientifique

Il a été démontré que les conversations spontanées dans le monde réel sont parmi les fichiers audio les plus difficiles à traiter et, même si les enregistreurs portés par les enfants deviennent un outil central pour étudier comment les enfants apprennent le langage, un effort relativement faible a été fait pour proposer des modèles de traitement de la parole robustes et sans biais pour analyser ces données. Les chercheurs se sont appuyés, pour la plupart, sur le logiciel Language Environment Analysis (LENA) [1] pour extraire des informations significatives sur l'environnement linguistique des enfants. Cependant, LENA impose plusieurs facteurs limitant le progrès scientifique : les logiciels fermés et leurs modèles formés uniquement sur l'anglais américain rendent difficile la généralisation à d'autres langues. Notre travail vise à proposer une alternative open-source à LENA pour classer les trames audio en segments de vocalisations clés d'enfants, de paroles d'hommes adultes, de paroles de femmes adultes, d'autres vocalisations d'enfants et de silence.

## Méthode

Le problème de la classification des types de voix peut être décrit comme la tâche consistant à identifier les sources de signaux vocaux dans un flux audio donné (plus de détails techniques dans le document). Notre cas d'utilisation considère 5 classes ou sources différentes qui sont : 1) KCHI, pour les vocalisations de l'enfant clé, c'est-à-dire les vocalisations produites par l'enfant portant le dispositif d'enregistrement ; 2) OCH, pour toutes les vocalisations produites par d'autres enfants dans l'environnement ; 3) FEM, pour la parole des femmes adultes ; 4) MAL, pour la parole des hommes adultes ; et 5) SPEECH, pour les cas où il y a de la parole. Afin d'entraîner notre modèle, nous avons rassemblé de nombreux corpus de données centrés sur les enfants [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] provenant de diverses sources centrées sur les enfants. Afin de s'assurer que nos modèles se généralisent suffisamment bien à des données inédites et de comparer leurs performances avec celles du système LENA, nous avons conservé l'ACLEW-Random comme ensemble de données d'attente. Pour chaque classe, nous utilisons la F-mesure entre la précision et le rappel (plus la F-mesure est élevée, mieux c'est).

## Résultats principaux

Les résultats indiquent que le modèle proposé est meilleur que le logiciel LENA qui a été utilisé dans de nombreuses études linguistiques. De plus, nous montrons qu'un seul modèle entraîné à prédire les 5 classes ensemble est plus performant que 5 modèles entraînés séparément sur chaque classe.

## Discussion

Dans cet article, nous avons rassemblé des enregistrements tirés de divers corpus centrés sur les enfants, connus pour être parmi les fichiers audio les plus difficiles à traiter, et nous avons proposé un modèle de traitement de la parole en code source libre qui classe les segments audio en vocalisations d'enfants clés, vocalisations d'autres enfants, discours d'hommes adultes et discours de femmes adultes. Nous avons comparé notre approche avec un système homologue, le logiciel LENA, qui a été utilisé dans de nombreuses études sur le langage des enfants. Notre modèle est largement plus performant que LENA et permettra, nous l'espérons, d'obtenir des observations plus précises des environnements linguistiques précoces. Notre travail fait partie d'un effort visant à renforcer les collaborations entre les communautés du traitement de la parole et de l'acquisition du langage chez l'enfant. Notre code se trouve sur notre dépôt GitHub : <https://github.com/MarvinLvn/voice-type-classifier>.

## Pour aller plus loin

---

- [1]. Lavechin, M., Bousbib, R., Bredin, H., Dupoux, E. & Cristia, A. (2020). *Un classificateur de type de voix open-source pour des enregistrements d'une journée centrés sur l'enfant*. In INTERSPEECH-2020, (pp 3072--3076)
- [2]. D. Xu, U. Yapanel, S. Gray, et C. T. Baer, *The lena language environment analysis system : the interpreted time segments (its) file*, 2008
- [3]. H. Bredin, R. Yin, J. M. Coria, G. Gelly, P. Korshunov, M. Lavechin, D. Fustes, H. Titeux, W. Bouaziz, and M.-P. Gill, *Pyannote.audio: neural building blocks for speaker diarization*, in International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 2020

# Prédire les scores cliniques dans la maladie de Huntington : un test de langage léger

## Contexte scientifique

La maladie de Huntington (MH) est une maladie neurodégénérative héréditaire rare qui se caractérise par des troubles moteurs, psychiatriques et cognitifs. Malgré le développement de thérapies cliniques innovantes et prometteuses, un défi majeur est l'identification de marqueurs sensibles à la progression de la maladie. Grâce à l'augmentation de la puissance de calcul, les modèles d'apprentissage automatique peuvent fournir un moyen efficace d'améliorer les dépistages et les évaluations de la maladie en capturant les différentes dimensions cliniques de la MH. Dans ce contexte, la parole et le langage offrent une alternative intéressante en débloquent le potentiel d'évaluation à distance et en proposant une approche multi-domaine pertinente. Dans cette étude, nous testons la capacité de la parole à prédire les principales variables cliniques du score UHDRS chez les patients atteints de la maladie de Huntington.

## Méthode

Les participants étaient des locuteurs natifs français (N=103) avec au moins 36 répétitions du trinuclease CAG sur le gène mutant Htt de la HD. Ils ont effectué un test d'élocution rapide consistant à compter des nombres en avant et en arrière. Cela a permis l'analyse de 126 échantillons (35 fichiers ont été écartés en raison d'un bruit acoustique trop important). Nous avons extrait différentes dimensions de déficits de la parole déjà rapportés dans la MH : déficits articulatoires et phonatoires, rythme et statistiques temporelles, pauses remplies et ajouts de vocalisations, séquence (l'ordre des nombres) et erreurs de persévération. Au total, nous avons examiné 60 caractéristiques qui n'ont pas besoin d'être adaptées à une langue spécifique (Fig. 1). Nous avons entraîné des systèmes d'apprentissage automatique, avec auto-sklearn pour prédire les variables cliniques à partir des caractéristiques de la parole, telles que le cUHDRS (principal critère clinique de la MH) et le Total Motor Score (TMS). Pour valider les modèles, nous avons utilisé l'erreur absolue moyenne (MAE) et le coefficient de corrélation intraclasse (ICC) entre les scores prédits et observés fournis par les cliniciens.

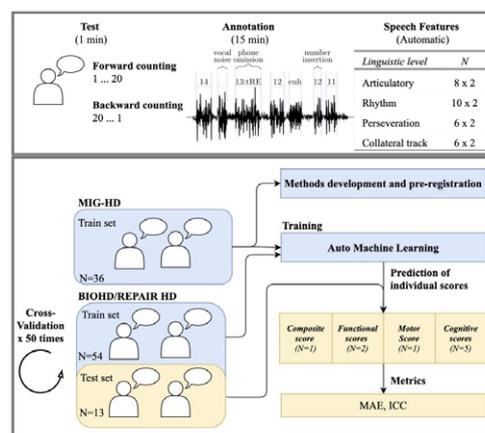


Figure 1 : Illustration du développement des méthodes, de l'apprentissage automatique et de l'évaluation des prédictions des scores cliniques.

## Résultats principaux

Notre étude a utilisé des caractéristiques de la parole extraites de protocoles de comptage avant et arrière chez 103 patients atteints de la maladie de Huntington. Nous avons montré que les mesures de la production de la parole permettent de prédire avec précision les mesures cliniques de la maladie de Huntington, dans une fourchette de 12 à 20 % pour le cUHDRS fonctionnel, moteur et cognitif, et composite. Nous avons également trouvé des corrélations significatives entre les volumes striataux (caractéristique neuroanatomique de la MH) et les caractéristiques de la parole.

## Discussion

Comme prévu, les ICC des modèles d'apprentissage automatique ne correspondaient pas à ceux des évaluateurs cliniques experts. Cependant, leur capacité à évaluer les patients fréquemment pourrait réduire le nombre de participants requis dans les futurs essais cliniques. En outre, les tâches de comptage avant et arrière (une tâche qui dure moins de 40s) ne nécessitent pas l'intervention d'un expert. Les données audio peuvent être collectées par téléphone, ce qui permet des évaluations non seulement à distance mais aussi désynchronisées entre les professionnels de la santé et les patients.

### Pour aller plus loin

---

Riad, R., Lunven, M., Titeux, H., Cao, X-N., Hamet Bagnou, J., Lemoine, L., Montillot, J., Sliwinski, A., Youssouf, K., Cleret de Langavant, L., Dupoux, E. & Bachoud-Lévi, A.C. (2022). *Prédire les scores cliniques dans la maladie de Huntington : un test de parole léger*. Journal of Neurology.

# Parler avec un agent virtuel pour évaluer la cognition sociale après un traumatisme crânien

## Contexte scientifique

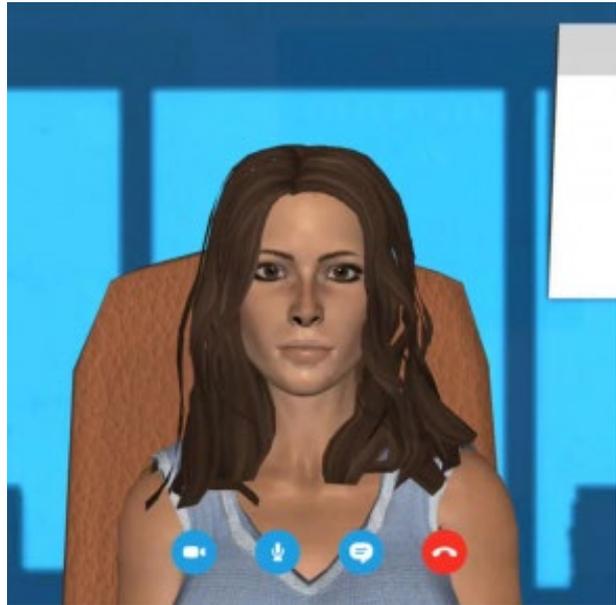
Suite à un traumatisme crânien, la cognition sociale peut être affectée, entraînant des difficultés à interagir avec les autres. Les tests actuels permettant d'évaluer ces difficultés sont des tâches traditionnelles qui impliquent un raisonnement conscient et délibéré sur les états mentaux (e.g., intention, croyance, connaissance) de personnages fictifs et qui sont loin de refléter la manière dont la cognition sociale est utilisée dans les interactions quotidiennes. Ce projet a donc pour objectif d'étudier la cognition sociale chez des personnes ayant subi un traumatisme crânien à l'aide d'une tâche qui les engage activement dans une véritable interaction avec un partenaire.

## Méthode

Pour ce faire, une tâche inédite nommée EVICog a été conçue et testée auprès de personnes présentant un traumatisme crânien. Au cours de cette tâche, les participants étaient engagés dans de véritables conversations audiovisuelles avec deux agents virtuels qui exprimaient des émotions et produisaient un contenu de discours obligeant les participants à faire des inférences sur leurs états mentaux. Les résultats de la tâche EVICog ont été comparés à deux autres tâches, classiquement utilisées dans la littérature, faisant appel soit à des photographies pour tester la reconnaissance des émotions des participants, soit à de courtes bandes dessinées pour tester leur attribution d'intentions.

## Résultats principaux

Les résultats de l'analyse des courbes ROC (Receiver Operating Characteristics curve analysis) ont montré que la tâche EVICog a un pouvoir discriminant bien supérieur aux deux autres tâches classiquement utilisées.



Interface du participant impliqué dans la tâche EVICog lors d'une conversation avec l'agent virtuel Marie. © Maud Champagne-Lavau / Emmanuelle Taché / Noémie Moreau

## Discussion

Cette étude montre, pour la première fois, que la cognition sociale est altérée chez des personnes ayant un traumatisme crânien, quand ces personnes sont activement engagées dans des interactions réelles avec un partenaire. L'utilisation de paradigmes écologiques permettant un aperçu complet des capacités sociales des individus et reflétant la manière dont la cognition sociale est évaluée dans la vie quotidienne est donc particulièrement importante.

### Pour aller plus loin

---

Moreau, N., Taché, E., & Champagne-Lavau, M. (2022). *Speaking with virtual humans: Assessing social cognition in traumatic brain injury with a second-person perspective task*. *Journal of neuropsychology*, 16(1), 75-96.

Contact : [maud.champagne-lavau@univ-amu.fr](mailto:maud.champagne-lavau@univ-amu.fr)

# Partenariats de recherche

48



Ce recueil de faits marquants de la recherche scientifique 2021 de l'institut Cognition serait incomplet sans la référence à l'intense activité de recherche contractuelle. Nous avons choisi d'illustrer les 130 contrats de recherche par la présentation d'un sous-ensemble qui n'a pas la prétention d'être représentatif, ni emblématique.

Ce sont juste quelques exemples pour illustrer la mobilisation des 665 ETP permanents et 1267 ETP non-permanents de l'Institut aux côtés de partenaires du monde socio-économique, pour contribuer ainsi à leur innovation compétitive.

# Déterminants mnésiques et émotionnels du dialogue humain-humain et humain-système

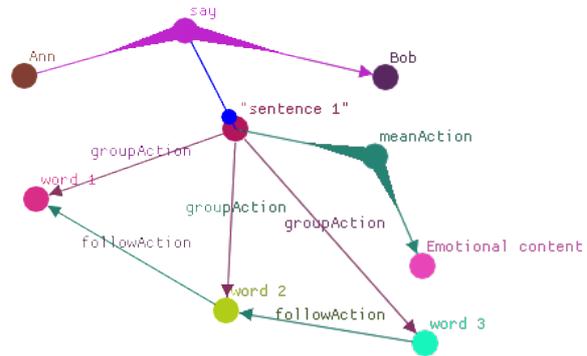
AXE SCIENTIFIQUE : Cognition et langage  
SEGMENT DE MARCHÉ : IA, langage naturel, interaction humain-système

## Contexte industriel

Spir Ops est une entreprise dédiée à la recherche et au développement en intelligence artificielle. Ses travaux s'inscrivent dans l'idée qu'un système doit raisonner, décider et interagir comme un humain. Aussi, Spir Ops est résolument orientée vers une modélisation de l'intelligence humaine dans son fonctionnement naturel, qu'il soit conscient et contrôlé par la cognition ou inconscient et automatique. Un de ses axes d'activité est dédié au développement d'IA en lien avec le langage en situation d'interaction, la mémoire et les émotions.

## Objectifs

L'interaction langagière entre deux partenaires est une activité courante mais complexe. Elle est notamment dépendante de processus cognitifs et émotionnels propres à chacun mais également inhérents à la situation partagée. Lors d'un dialogue, chaque interlocuteur fait des efforts pour s'adapter le plus efficacement possible à l'autre, contribuant ainsi à la réussite d'une tâche donnée. L'objectif de la thèse CIFRE est de comprendre dans quelle mesure les processus mnésiques et émotionnels sont impliqués dans la construction de connaissances mutuellement partagées au cours d'un dialogue, que les partenaires soient humains ou non.



Modélisation d'un tour de parole dans la représentation du monde.

## Résultats obtenus/attendus

La méthodologie s'appuie principalement sur des tâches collaboratives d'arrangement de stimuli émotionnels, réalisées entre humains ou entre un humain et un système artificiel (simulé). L'analyse des principaux résultats a montré que plusieurs facteurs influencent la mémorisation d'une information, comme la personne l'ayant produite (soi ou autrui), le caractère émotionnel de cette information (négatif ou neutre) ou l'état émotionnel des interlocuteurs. Ces résultats permettent d'envisager une modélisation fine des processus (notamment mnésiques) à l'œuvre au cours d'un dialogue. Ils pourront être intégrés dans un moteur d'agrégation sémantique visant à l'apprentissage symbolique d'une représentation du monde. Chaque élément d'un tour de parole (locuteur, interlocuteur, lexique, signification de la phrase, etc) pourra être modélisé puis conservé ou fusionné avec d'autres (oublié), selon les caractéristiques émotionnelles associées.

## Responsables scientifiques et techniques

---

Laboratoire : Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage (univ. Poitiers) - Doctorante : Cléo Bangoura (CIFRE) - Responsables scientifiques : Ludovic Le Bigot et Sandrine Gil (Professeurs univ. Poitiers) - Entreprise : Spir Ops (Paris) - Responsable scientifique : Edouard Emberger (Responsable Equipe Langage et Dialogue)



# Psychologie des comportements de gestion des déchets domestiques

## Interventions sur le territoire de Grand Poitiers

AXE SCIENTIFIQUE : Cognition sociale  
SEGMENT DE MARCHÉ : Accompagnement au changement, aide à la décision, évaluation d'impact

### Contexte industriel

Grand Poitiers est une communauté urbaine regroupant 40 communes, dont le service Déchets Économie Circulaire gère notamment la collecte des déchets et le programme de prévention et réduction des déchets. Pour répondre aux recommandations européennes et nationales incitant à la réduction de la production de déchets et à l'instauration du tri à la source des biodéchets, le service Déchets Économie Circulaire de Grand Poitiers repense son service à l'utilisateur.

### Objectifs

Le service de la collectivité dispose des connaissances techniques et économiques mais repenser son offre implique également de comprendre ce qui détermine les comportements (non) souhaités des usagers et de déterminer les conditions d'appropriation des nouvelles pratiques. Le laboratoire CeRCA vient apporter une expertise sur ces dimensions. L'objectif est de réaliser des études quantitatives afin d'identifier les freins et leviers aux comportements souhaités ; proposer des actions visant à modifier les comportements fondées scientifiquement et adaptées à la population cible ; évaluer l'impact de ces actions.



### Résultats obtenus/attendus

Les travaux actuels ont permis d'objectiver les attitudes et souhaits des habitants (ex. ils sont plutôt convaincus de l'intérêt de réduire les déchets et sont prêts à utiliser un composteur) ; d'identifier les leviers les plus pertinents pour impulser un changement de pratiques (ex. renforcer le sentiment d'être capable et moralement tenu de composter). Ce travail a permis d'accompagner le déploiement de composteurs dans les foyers pour maximiser l'acceptation de son utilisation et l'appropriation des nouvelles consignes de tri (supports de communication, ajout de matériel). L'évaluation de l'impact de cette action sur les comportements de tri est en cours.

### Responsables scientifiques et techniques

---  
Doctorante : Emilie Guichard - Laboratoire : Centre de Recherches sur la cognition et l'Apprentissage (UMR 7295, CNRS, Université de Poitiers, Université de Tours)  
- Responsables scientifiques : Frédérique Autin (MCF université de Poitiers) & Cédric Bouquet (PU université de Poitiers) - Entreprise : Grand Poitiers Communauté Urbaine - Responsable scientifique : Céline Besnard (responsable service Déchets Économie Circulaire)

# Conduire en toute sérénité : concevoir un assistant virtuel efficace



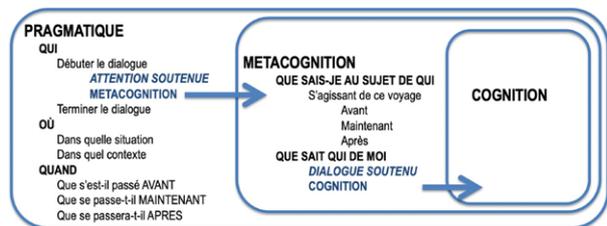
AXES SCIENTIFIQUES : Technologies d'augmentation cognitive, évaluations comportementales cognitives  
SEGMENT DE MARCHÉ : Véhicule autonome

## Contexte industriel

Dans le contexte des Objets Smart (i.e., des objets de la vie quotidienne connectés, dédiés à la simplification des usages, à la prise de décision des personnes et, pour ce faire, adaptés à leurs utilisateurs) qui sont fondés sur des Technologies Cognitives (i.e., des technologies qui incluent des connaissances sur les personnes et sur la cognition humaine afin de traiter les données fournies par les utilisateurs lorsqu'ils interagissent avec des Smart Things) et plus précisément dans le contexte de la conduite automobile (e.g., non-automatisée ou automatisée : niveaux 1 à 4), le projet vise, dans le prolongement de l'ergonomie physique à concevoir un assistant cognitivement ergonomique ; c'est-à-dire ayant une connaissance suffisamment complète de la personne (un jumeau numérique de la personne humaine : tâches, objets, procédures) pour pouvoir se mettre à sa place en la modélisant-simulant pour pouvoir interagir avec elle de manière appropriée et empathique.

## Objectifs

Dans la lignée des travaux du laboratoire, définir l'interaction avec les occupants qui soit une interaction empathique, agréable et apte à rendre le conducteur serein, engagé et motivé : (i) définition du concept d'assistant digital, définition de la logique d'interaction, de dialogue et, pour cela, (ii) réalisation d'un thésaurus des tâches de conduite et une grammaire des actions de conduite qui servent d'ontologie à instancier pour générer le dialogue ; tenant compte des dimensions pragmatiques, métacognitives, sémantiques et cognitives.



## Résultats obtenus/attendus

État de l'art et opérationnalisation du concept de sérénité en conduite automobile. Formalisation de l'assistant via une grammaire des tâches de conduite. Conceptualisation du véhicule empathique, via l'assistant. Évaluation utilisateur sur les dimensions implicatives que sont l'utilité, l'accessibilité, l'acceptabilité, usage.



### Responsables scientifiques et techniques

---

François JOUEN et Charles TIJUS, CHArt  
Fabienne MASSON, VALEO

# Traitement des fake news et du vague informationnel

## Une approche hybride entre IA symbolique et apprentissage profond

AXE SCIENTIFIQUE : Cognition et langage  
SEGMENT DE MARCHÉ : Secteur de l'information, de la communication et de la défense

### Contexte industriel

Le projet DIEKB (2019-2022) est un projet RAPID dont l'objectif est de mêler recherche fondamentale et recherche industrielle afin d'aider à la détection de fake news ou plus généralement de désinformation dans des documents textuels. Le projet implique l'équipe CoLoR de l'Institut Jean Nicod et MONDECA et Airbus Defense and Space comme partenaires industriels, avec un accent sur les méthodes d'IA symbolique pour l'analyse de texte. Le projet HYBRINFOX (2022-2025) est un projet ANR Astrid AI, dans la continuité du projet DIEKB, impliquant les mêmes partenaires ainsi que l'équipe LinkMedia de l'IRISA, avec un accent plus spécialisé sur les méthodes de Deep Learning pour le traitement du langage naturel.

### Objectifs

L'un des objectifs du consortium DIEKB a été de développer un cadre pour l'analyse de la qualité informationnelle des textes, en mettant l'accent sur la mesure de l'imprécision et de la subjectivité dans le discours. Dans le contexte de DIEKB, l'objectif principal a été pour l'Institut Jean Nicod de créer et de développer l'architecture et la typologie de VAGO, un outil en ligne utilisé pour fournir cette mesure. Dans le contexte d'Hybrinfox, l'objectif est de développer des méthodes hybrides, à savoir des méthodes de « NLP » (Traitement du Langage Naturel) s'appuyant à la fois sur l'apprentissage profond et sur des systèmes experts comme VAGO, afin d'obtenir des méthodes plus génériques et plus explicables de classification des textes comme fiables ou non fiables.

Institut | Nicod



# vague sentences:	4	# precise sentences:	2
# of opinion sentences	4	# factual sentences:	2
# of sentences:	6	# words:	65

Cette figure montre un exemple des sorties de VAGO sur un article de fake news relayé sur les médias sociaux concernant le Coronavirus. Les baromètres montrent la prévalence des éléments lexicaux vagues subjectifs avec une mesure de leur poids relatif dans le discours, les éléments détectés étant ici en gras.

### Résultats obtenus/attendus

Dans le cadre du programme DIEKB, l'IJN et MONDECA ont publié en 2021 la première version de VAGO, une base de données lexicale annotée utilisée pour fournir une mesure du flou et de la subjectivité dans le discours, que nous avons conçue et pour laquelle nous développons un outil en ligne testable. VAGO repose sur une typologie quadruple des expressions vagues, distinguant la généralité, l'approximation, le flou unidimensionnel et multidimensionnel. Actuellement, la base de données est constituée pour l'essentiel d'adjectifs et d'un lexique limité pour l'anglais et le français (environ 1500 mots dans chaque langue). La principale application de VAGO est d'aider à la classification des énoncés de type opinion ou de type fait (<https://research.mondeca.com/demo/vago>). Les résultats de VAGO ont été comparés à ceux d'un classificateur à réseau neuronal développé par AIRBUS, basé sur le deep learning. Ces résultats montrent une corrélation positive sur un large ensemble de corpus composés de documents textuels, indiquant que les textes classés comme biaisés par le réseau neuronal étaient ceux contenant une plus grande proportion de vocabulaire subjectif. Dans le cadre du programme HYBRINFOX, l'objectif est de développer des méthodes hybrides pour améliorer ce résultat, notamment des méthodes de fusion précoce d'informations (orienter les mécanismes d'attention des réseaux de neurones avec le lexique annoté de VAGO, et inversement, enrichir la typologie de VAGO avec les sorties des réseaux de neurones).

### Responsables scientifiques et techniques

---

Égré Paul (DR CNRS), Institut Jean-Nicod, PSL Université, Paris - Ateazing Ghislain, Mondeca, Paris - Gatepaille Sylvain, Airbus Defense and Space, Élan court - Claveau Vincent (CR CNRS), IRISA, Rennes.

# CogIdo, EVOLEX, RAPortho



AXE SCIENTIFIQUE : Technologies d'augmentation cognitive, Evaluations comportementales cognitives, Cognition et langage  
SEGMENT DE MARCHÉ : Start-up MedTech

## Contexte industriel

COVIRTUA Healthcare, start-up medtech révolutionnant le traitement des troubles cognitifs, annonce l'obtention du label French Tech Seed, par le consortium Occitanie Tech Seed piloté par la SATT AxLR. A ce titre, elle va pouvoir bénéficier de ce réel coup d'accélérateur pour recruter de nouveaux collaborateurs R&D et notamment des ingénieurs et chercheurs en neurosciences.

## Objectifs

Fondée en 2017, COVIRTUA Healthcare est une MedTech européenne qui a développé une technologie d'immersion en réalité virtuelle pilotable à distance. Celle-ci permet à un thérapeute de prendre en charge un patient à distance (télésoin) en l'immergeant dans des situations réalistes et adaptables en temps réel. Afin d'accompagner les patients tout au long de leur parcours de soin, COVIRTUA Healthcare développe également la fonctionnalité permettant au patient de réaliser des activités cognitives entre chaque séance. COVIRTUA collabore avec les équipes de recherche Étude de L'Interaction Personne Système (ELIPSE) et Structuration, Analyse et Modélisation de documents Vidéo et Audio (SAMOVA) de l'IRIT dans le but d'enrichir les fonctionnalités du logiciel COVIRTUA Cognition : ajout de nouvelles méthodes pour évaluer la cognition, augmentation des personnes pouvant être concernées par le logiciel, et automatisation des évaluations.



Aperçu du logiciel de réalité virtuelle COVIRTUA Cognition : simulation de situations de la vie quotidienne en 3D pour évaluer des difficultés cognitives après des AVC.

## Résultats obtenus/attendus

- EVOLEX : technologie serveur pour plateforme gestion docteurs/patients. Ce projet vise à développer des passations d'évocation lexicale, de dénomination d'images et de génération verbale sémantique. Ces fonctionnalités permettront aux orthophonistes de disposer d'outils plus performant pour effectuer des bilans, en particulier quand les normalisations auront été établies par les chercheurs. Cela enrichira le logiciel COVIRTUA Cognition.
- CogIdo : expertise dans le domaine des IHM, et de la conception centrée utilisateur. Ce projet de collaboration permettra d'adapter COVIRTUA Cognition, logiciel d'entraînement cognitif, à la population âgée, puis de développer le mode d'utilisation entre les séances.
- RAPortho : Reconnaissance automatique de la parole pour l'amélioration d'un système destiné aux personnes présentant des troubles d'orthophonie. Des services de transcription automatique de parole adaptée aux différents patients sont développés par l'équipe SAMOVA de l'IRIT.



### Responsables scientifiques et techniques

Labo : IRIT (Nadine Vigouroux, Julien Pinquier, Jérôme Farinas)

Entreprise : CoVirtua HealthCare (Christelle et Nicolas Monnier)

# Améliorer la lecture grâce aux morphèmes avec le livre interactif Basaffix

AXE SCIENTIFIQUE : Cognition et langage  
SEGMENT DE MARCHÉ : Éducation

## Contexte industriel

Le Livre Basaffix a été conçu pour répondre aux besoins du jeune public en difficulté avec la lecture (dyslexie, allophones, « mauvais compreneurs »). Il a été conçu comme une série d'exercices de remédiation pour être réalisés en autonomie par des élèves du cycle 3 (9-12 ans). Il peut également être proposé à des élèves de cycle 4 ou de jeunes étudiants en difficulté importante avec la langue française. Le suivi de la réalisation des séances peut être coordonné par un professeur des écoles, un enseignant de français ou de classe ULIS en collège, ou bien par un professionnel en charge de patients avec une dyslexie (orthophoniste, en libéral ou hospitalier, neuropsychologue).

La maîtrise de la lecture est un des facteurs centraux d'intégration sociale et professionnelle. Pourtant une partie de la population française parmi lesquels les lecteurs avec une dyslexie ne parvient pas à lire et comprendre un texte de manière satisfaisante (Note d'Information de la DPP N°21.27, juin 2021). Le livre interactif Basaffix est destiné à fluidifier la lecture des collégiens dyslexiques pour permettre aux traitements sémantiques d'être déployés de façon efficace pour mieux comprendre ce qui est en train d'être lu. Basaffix est un livre numérique interactif, de format epub3, qui propose 15 séances de remédiation autour des radicaux, des principaux préfixes et des principaux suffixes. Chaque séance comprend plusieurs activités (identification, segmentation des morphèmes des mots), avec une première série qui se déroule exclusivement à l'oral. Ce livre sera utilisable avec un smart-phone, une tablette ou un ordinateur.

## Objectifs

La dyslexie affecte environ 6% de la population française (rapport de l'INSERM, 2007). Les prises en charges orthophoniques ne donnent pas toujours les résultats escomptés compte tenu de l'engagement des patients et les recherches rapportent des déficits

de lecture persistants pour une majorité d'adultes avec une dyslexie. Le livre interactif Basaffix s'appuie sur les recherches de notre équipe qui montrent que les connaissances morphologiques sont relativement bien développées chez les individus avec une dyslexie, contrairement aux connaissances phonologiques et que les premières sont activement utilisées dans la lecture des adultes dyslexiques compensés qui poursuivent des études à l'université. L'objectif du livre interactif Basaffix qui sera commercialisé par la société MOBYDYS est de développer une procédure de lecture compensatoire qui identifie les morphèmes des mots à lire (chat+on) pour fluidifier la lecture dyslexique. Deux fenêtres de ce livre sont fournies ci-dessous.



Extraits d'activités du livre interactif Basaffix.

De plus, le LPC et MOBYDYS souhaitent valider scientifiquement l'utilisation de ce livre interactif. Un protocole expérimental a été élaboré qui est actuellement administré à 150 collégiens des classes de 6ème et 5ème. Les résultats sont attendus pour la fin juin 2022. Toutefois, nous sommes confiants sur l'efficacité de Basaffix, celui-ci reprenant pour une grande partie, les activités du logiciel MORPHO-REM (commercialisé par ORTHO Editions jusqu'en 2016 et qui a rendu les droits à P. Colé, S. Casalis et C. Dufayard, également co-auteurs de Basaffix).

## Résultats obtenus/attendus

Les résultats de l'étude en cours destinée à évaluer l'efficacité de l'utilisation de Basaffix sur la lecture des collégiens seront traités en juin 2022. La commercialisation de Basaffix est prévue pour septembre 2023.

### Responsables scientifiques et techniques

Pr Pascale Colé, Laboratoire de Psychologie Cognitive (UMR 7290 du CNRS) et Aix-Marseille Université

Mobidys (Nantes) - Responsables scientifiques :  
Marion Berthaut (Dirigeante), Jérôme Terrien (Edition numérique) Sophie Hamon (Responsable Innovation).

# Intelligence artificielle bio-inspirée pour plus de robustesse, d'efficacité et d'applications en situation réelle

AXE SCIENTIFIQUE : Modélisation, Technologies d'augmentation cognitive  
SEGMENT DE MARCHÉ : Apprentissage

## Contexte industriel

À la différence des humains, les réseaux de neurones artificiels, dont le Deep Learning, souffrent d'oubli catastrophique : un réseau de neurones qui apprend une tâche A puis de façon séquentielle une tâche B va complètement oublier la tâche A. C'est la raison pour laquelle les IA actuelles sont parfois qualifiées de « faibles » dans le sens où elles peuvent apprendre une tâche (e.g. Jouer aux échecs, au go, reconnaître des visages ou conduire une voiture) mais pas encore plusieurs tâches différentes de façon séquentielle comme le ferait un humain.

## Objectifs

Différents travaux réalisés en psychologie dans les années 90 se sont intéressés à comprendre pourquoi les réseaux de neurones artificiels, pourtant inspirés du cerveau humain, subissent l'oubli catastrophique alors que les humains le surmontent sans problème. Ils ont montré avec des Perceptron Multi-Couches (l'ancêtre du Deep Learning) que ces réseaux de neurones pouvaient aussi surmonter ce problème en s'inspirant d'une mémoire double inspirée du cerveau humain.

## Résultats obtenus/attendus

Sur la base d'une collaboration et d'un financement du CEA-LETI et CEA-LIST, nous avons adapté ce principe de mémoire double au Deep Learning et nous avons montré que ces nouvelles IA peuvent aussi faire de l'apprentissage incrémental sans oubli catastrophique. Différentes méthodes existent pour surmonter l'oubli catastrophique. Néanmoins la bio-psycho-inspiration nous permet des avantages majeurs et décisifs. Au niveau de la psycho-inspiration, cette IA, comme l'humain, n'a besoin d'aucune connaissance a priori sur les données et elle peut apprendre de façon continue et agnostique quel que soit l'environnement dans lequel elle évolue. Au niveau de la bio-inspiration, contrairement à la plupart des méthodes alternatives, elle n'a pas besoin de recourir à la neurogénèse, voire à la création de nouvelles parties entières du réseau de neurones. Il s'agit donc d'une solution réaliste, simple, robuste, efficace et facilement embarquable in silico pour un apprentissage continu, voire personnalisable à des problèmes spécifiques ou nouveaux.

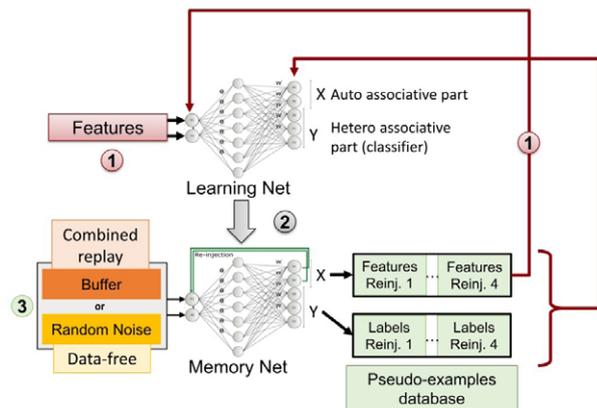


Figure 1. Le réseau de neurones double est capable de continuer à apprendre sur le terrain sans avoir recours à la neurogénèse ou à un oracle sur les données à apprendre. Les simulations en cours montrent sa robustesse à toute forme de scénarios d'apprentissage (personnalisation, streaming, etc.) mais aussi différentes tâches (classification, prédiction de séries temporelles, renforcement, etc.) Il peut donc enfin constituer la brique élémentaire pour aller vers des IA fortes.

## Responsables scientifiques et techniques

---

Laboratoire : Martial Mermillod, LPNC (Chaire «Neuromorphic Systems» du Multidisciplinary Institute in Artificial Intelligence), UGA - Entreprise : Marina Reyboz, CEA-LIST

# The Zero Resource Speech Challenge 2021

## Modélisation du langage parlé

AXE SCIENTIFIQUE : Cognition et langage  
 SEGMENT DE MARCHÉ : Technologie du langage parlé, Modélisation du langage, ressources faibles, parole non supervisée, repères cognitif

### Contexte industriel

Les nourrissons sont capables d'apprendre leur(s) langue(s) maternelle(s) par l'observation et l'interaction avant d'apprendre à lire et à écrire. Ils montrent qu'il est en principe possible de construire un modèle de langage en l'absence de ressources textuelles, à partir des seules données sensorielles. Le fait de pouvoir reproduire cet exploit par des moyens automatiques ouvrirait les technologies de la parole et du langage à la majorité des langues du monde qui ne disposent pas de suffisamment de ressources textuelles pour être desservies par les approches actuelles basées sur le texte. La série de défis « Zero Resource Speech » vise à développer les éléments nécessaires à la construction d'applications d'IA sans texte.

### Objectifs

Les itérations précédentes du défi se sont concentrées sur la découverte d'unités de sous-mots (ZR15,17,19,20) et d'unités de mots (ZR15,17,20). Ici, nous souhaitons pousser l'enveloppe encore plus loin en visant l'apprentissage d'un modèle de langage directement à partir de l'audio sans aucune annotation ni texte. Les participants peuvent utiliser n'importe quel ensemble d'entraînement à condition qu'il n'utilise pas d'étiquettes textuelles en plus de l'identité du locuteur. L'ensemble d'entraînement peut être utilisé pour découvrir des unités discrètes à partir de celui-ci (pseudo-texte) et ensuite entraîner un modèle de langage à partir de celui-ci, ou tout apprendre de bout en bout sans unités discrètes. Suivant la stratégie des défis précédents, l'évaluation se fait par le biais d'une métrique zéro basée sur la psycholinguistique humaine et ne nécessitant aucun entraînement. Ici, nous sondons quatre niveaux linguistiques : acoustique (ABX - Libri-light), lexical (repérer le mot - sWUGGY), syntaxique (jugement d'acceptabilité - sBLIMP) et

sémantique (jugement de similarité - sSIMI).

Nous fournissons des systèmes de base qui sont la concaténation de trois composantes non supervisées : apprentissage auto-supervisé de la représentation contrastive (CPC), clustering (k-means), modélisation du langage (LSTM ou BERT). Afin de prendre en compte les ressources informatiques des participants, nous distinguons les soumissions par le montant du budget GPU utilisé pour l'entraînement.

### Résultats obtenus/attendus

La modélisation du langage basée sur la parole doit encore progresser avant d'être applicable à des tâches telles que la traduction et le dialogue, pour lesquelles une bonne modélisation du langage dépend des prédictions syntaxiques et sémantiques. Les mots sont l'une des pièces manquantes dans ces deux tâches. Les futurs défis devraient introduire une distinction entre les métriques à grain fin (basées sur les « caractères ») et à grain grossier (basées sur les « mots »).

Table 2: Leaderboard. Bolded results have the best score in the column among the submitted systems for the given task.

System	Budget	Set	ABX-with		ABX-across		sWUGGY	sBLIMP	sSIMI	
			clean	other	clean	other				
Random Baseline	0	dev	0.49	0.5	0.5	0.5	0.5	0.49	-1.48	6.79
		test	0.5	0.49	0.5	0.5	0.5	0.5	0.17	6.44
Bert Baseline	1536	dev	0.03	0.05	0.04	0.08	0.68	0.56	6.25	4.35
		test	0.03	0.05	0.04	0.08	0.68	0.56	5.17	2.48
LSTM Baseline	60	dev	(idem)	(idem)	(idem)	(idem)	0.61	0.52	4.42	7.07
		test	(idem)	(idem)	(idem)	(idem)	0.61	0.53	7.35	2.38
BN	60	dev	0.05	0.09	0.07	0.13	<b>0.64</b>	<b>0.54</b>	4.29	7.69
		test	0.05	0.09	0.07	0.13	<b>0.65</b>	<b>0.54</b>	<b>9.23</b>	-1.14
JC1	60	dev	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.08	0.63	0.52	<b>5.90</b>	<b>10.20</b>
		test	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.08	0.64	0.53	2.42	<b>9.02</b>
JC2	60	dev	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	<b>0.64</b>	0.53	-7.75	4.60
		test	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	0.64	0.53	5.15	-0.85
AL	60	dev	0.17	0.20	0.25	0.30	0.51	0.52	3.16	1.79
		test	0.17	0.20	0.24	0.31	0.52	0.52	7.30	-4.33
TM1	60	dev	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.08	0.61	<b>0.54</b>	-0.81	5.45
		test	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.09	0.61	<b>0.54</b>	7.00	-1.47
TM2	60	dev	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.08	0.58	<b>0.54</b>	-1.65	4.81
		test	<b>0.03</b>	0.05	<b>0.04</b>	0.08	0.59	<b>0.54</b>	2.89	-1.67
TM3	60	dev	0.04	0.06	0.05	0.10	0.62	0.53	-0.17	7.07
		test	0.04	0.06	0.05	0.11	0.62	0.53	5.93	0.56
TM4	60	dev	0.04	0.06	0.05	0.10	0.60	0.53	-2.10	8.89
		test	0.04	0.06	0.05	0.10	0.60	0.53	6.74	2.03
Top: Frame labels	1536	dev	0	0	0	0	0.92	0.64	7.92	4.54
		test	0	0	0	0	0.92	0.63	8.52	2.41
Top: Phone labels	1536	dev	-	-	-	-	0.98	0.67	9.86	16.11
		test	-	-	-	-	0.98	0.67	12.23	20.16
Top: RoBERTa	24576	dev	-	-	-	-	0.97	0.82	32.28	28.96
		test	-	-	-	-	0.96	0.82	33.16	27.82

Tableau de classement. Les résultats en gras ont le meilleur score dans la colonne parmi les systèmes soumis pour le tas donné.

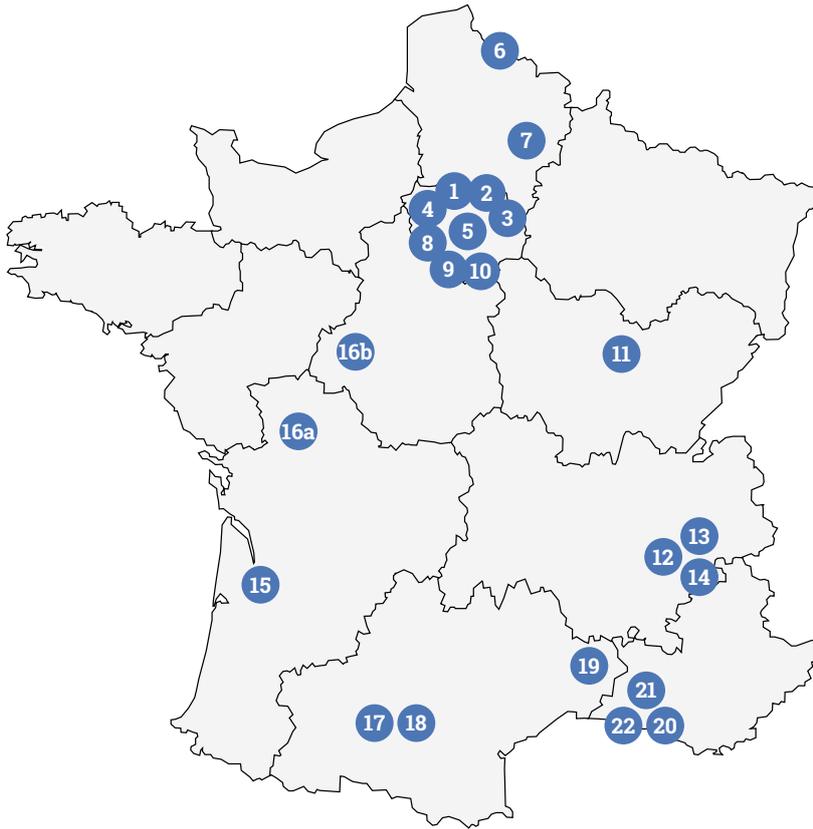
### Responsables scientifiques et techniques

---

Laboratoire : Dunbar Ewan - Université de Toronto, Canada - Société : Dupoux Emmanuel - Cognitive Machine Learning (ENS-CNRS-EHESS-INRIA-PSL Research University), France & Facebook AI Research, France



# NOS LABORATOIRES



- 1 CHArt**  
Laboratoire Cognitions Humaine et Artificielle, Saint-Denis
- 2 IJN**  
Institut Jean Nicod, Paris
- 3 LSP**  
Laboratoire des Systèmes Perceptifs, Paris
- 4 LSCP**  
Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Paris
- 5 ENSADLab**  
Laboratoire de recherche de l'EnsAD, Paris
- 6 SCALAB**  
Laboratoire sciences cognitives et sciences affectives, Villeneuve d'Ascq
- 7 COSTECH**  
Connaissance, Organisation et Systèmes Techniques, Compiègne
- 8 LaPEA**  
Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquée, Boulogne Billancourt
- 9 LISN**  
Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique, Orsay et Gif-sur-Yvette
- 10 Centre Borelli**  
Gif-sur-Yvette
- 11 LEAD**  
Laboratoire d'Étude de l'Apprentissage et du Développement, Dijon

- 12 GIPSA LAB**  
Laboratoire Grenoble Images Parole Signal Automatique, Grenoble
- 13 LIG**  
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Grenoble
- 14 LPNC**  
Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, Grenoble
- 15 IMS**  
Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, Talence
- 16a 16b CeRCA**  
Le Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage, Poitiers et Tours
- 17 IRIT**  
l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Toulouse
- 18 CRCA**  
Centre de Recherches sur la Cognition Animale, Toulouse
- 19 LIA**  
Laboratoire Informatique d'Avignon, Avignon
- 20 LPC**  
Laboratoire de Psychologie Cognitive, Marseille
- 21 LPL**  
Laboratoire Parole et Langage, Aix en Provence
- 22 LNC**  
Laboratoire de Neurosciences Cognitives, Marseille



## Nos tutelles



## Nos partenaires institutionnels







# NOUS CONTACTER



institut  
cognition



Institut Carnot Cognition - CNRS - UAR 2203  
ENSC - Bordeaux INP  
109 Avenue Roul, 33400 Talence

Tél. : + 33 (0)5 57 00 67 41  
Email : [contact@institut-cognition.com](mailto:contact@institut-cognition.com)

[www.institut-cognition.com](http://www.institut-cognition.com)



Institut Carnot Cognition



@inst\_cognition



Institut Carnot Cognition

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION  
Célestin Sedogbo

CONCEPTION ET RÉALISATION  
Gaël Rolland

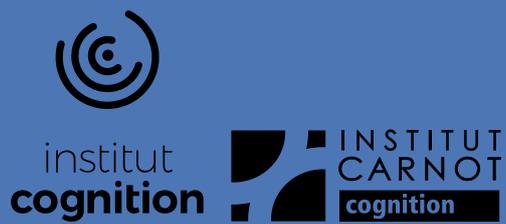
IMPRESSION  
A.C.S.D., Bordeaux

COPYRIGHT VISUELS  
Institut Cognition, Pexels

Ce Yearbook 2021 a été édité en juillet 2022.  
Remerciements à l'ensemble des contributeurs.

Afin de faciliter la lecture de certains textes, nous renonçons à l'usage  
systématique des formes féminines et masculines pour désigner les personnes.  
Il va de soi qu'il s'agit de femmes et d'hommes.





Institut Carnot Cognition - CNRS - UAR 2203  
ENSC - Bordeaux INP, 109 avenue Roul, 33400 Talence  
+33 (0)5 57 00 67 41  
[contact@institut-cognition.com](mailto:contact@institut-cognition.com)