

YEARBOOK / FAITS MARQUANTS

# 2019



institut  
**cognition**



## Sommaire

**4**

Technologies d'augmentation cognitive

**22**

Évaluations comportementales cognitives

**34**

Cognition collective

**42**

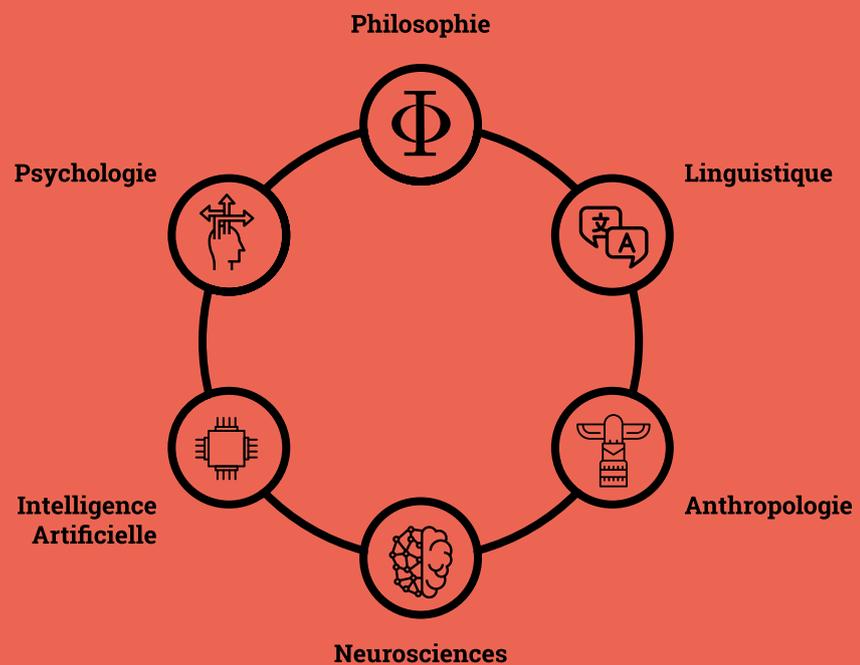
Cognition et langage

**54**

Partenariats de recherche

**74**

Focus : l'Intelligence Artificielle



# ÉDITO

## Les sciences et technologies de la cognition, un atout pour l'innovation compétitive

L'ambition de l'Institut Cognition (lauréat du label Carnot en 2020) est d'être le point d'entrée unique de la cognition pour le monde socio-économique. L'institut Carnot Cognition est animé depuis la genèse de sa création en 2016 par deux enjeux, dont le premier est la structuration scientifique du champ thématique et le deuxième l'augmentation significative du volume de recherche contractuelle (bilatérale avec une entreprise).

Ce premier Yearbook ou «Faits marquants» de l'année 2019 illustre ces deux enjeux fondamentaux et quelques progrès qui ont marqué cette année.

3

### La recherche scientifique

L'Institut Cognition était articulé jusqu'à 2018 autour de trois axes scientifiques : «Technologies d'augmentation cognitive», «Cognition Collective» et «Cognition et langage» ; sur les recommandations de son COSS (Comité d'Orientation Scientifique et Stratégique), un quatrième axe «Évaluations comportementales cognitives» a été introduit afin de mieux répondre aux enjeux technologiques et sociétaux de la France de demain.



**Célestin SEDOGBO**

-----  
Directeur de l'Institut Cognition

Le CoPil (Comité de Pilotage) composé des 22 Directeurs d'Unités constitutives ou leurs représentants (Isis Truck - CHArt, Roberto Casati - IJN, Daniel Pressnitzer - LSP, Emmanuel Dupoux - LSCP, Emmanuel Mahé - ENSADLab, Yann Coello - SCALab, Charles Lenay - COSTEC, Franck Zenasni - LaPEA, Sophie Rosset - LIMSI, Nicolas Vayatis - Centre BORELLI, Bénédicte Poulain-Charronnat - LEAD, Jérôme Mars - GIPSA Lab, Monica Baciú - LPNC, Noel de Palma - LIG, Nicolas Vibert - CeRCA, Jean-Marc André - IMS, Michel Dayde - IRIT, Claire Rampon - CRCA, Johannes Ziegler - LPC, Laurent Prevot - LPL, Thierry Hasbroucq - LNC, Yannick Esteve - LIA) fournit le cadrage scientifique de l'institut.

L'institut Cognition représente en nombre de personnel ETP (Équivalent Temps Plein) : 737 ETP permanents et 1 058 ETP non-permanents. Il s'agit là d'une structuration sans précédent dans l'histoire des sciences cognitives en France et sans doute en Europe.

### Les revenus de recherche

En 2019 nos revenus (facturés) de contrats de recherche et de subventions de recherche se sont élevés à 27M€, en augmentation de 4% par rapport à 2018. Ce montant inclut 3.8M€ de recherche contractuelle, soit environ 14% du montant total des recettes. Le revenu de 27M€ inclut aussi 9.9M€ de subventions de recherche collaborative impliquant le monde socio-économique.

La thématique de la cognition reste malgré tout encore inconnue d'un grand nombre d'acteurs socio-économiques, et sa valeur ajoutée, même pour ceux déjà sensibilisés, reste difficile à mesurer, puisque c'est une thématique aux frontières des sciences humaines et sociales.

### La relation partenariale

La recherche contractuelle est un des indicateurs majeurs de la vitalité de la thématique dans le monde socio-économique, et le volume de recettes de 3,8M€ est généré par 126 contrats avec 110 entreprises dont 33 grandes entreprises nationales, 11 ETI nationales, 54 PME/TPE nationales et 12 entreprises étrangères (incluant grandes entreprises, ETI, PME/TPE et autres).

L'intention du *Yearbook 2019* est non seulement de témoigner de l'intense activité scientifique au travers de quelques faits marquants des 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



«L'augmentation cognitive» est un champ de recherche transversal à la frontière entre les interactions Homme-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.

# Cardiographie sans contact



## Contexte scientifique

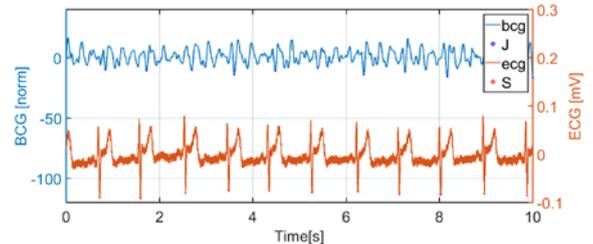
La ballistocardiographie est une mesure non-invasive de l'activité cardiaque. Elle repose sur le phénomène suivant : lors du cycle cardiaque, la systole ventriculaire gauche éjecte le sang du cœur vers le système périphérique par l'artère aorte. Cette éjection impulsionnelle engendre une force de recul qui se propage sous forme d'onde mécanique dans le corps humain jusqu'au matelas du dormeur, et déforme instantanément le support.

## Méthode

Nous avons mesuré cette onde mécanique, image de la systole ventriculaire, par des accéléromètres placés sur le sur-matelas d'un lit. Dans le cadre d'une pré-étude clinique, des siestes de 20 minutes ont été enregistrées sur une trentaine d'adultes. Des algorithmes de traitement de signal sont utilisés pour modéliser le signal et détecter les battements cardiaques avec une sensibilité et une spécificité supérieures à 95%. D'autres enregistrements synchronisés avec un électrocardiogramme ont également été réalisés.

## Résultats

On démontre ainsi en laboratoire que l'on peut mesurer la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et l'activité motrice d'individus hospitalisés, sans aucun contact avec le patient et de manière complètement automatique. Les événements de type arythmies cardiaques et apnées du sommeil sont également détectés.



Ballistocardiogramme (BCG) synchronisé avec un électrocardiogramme (ECG)

## Discussion

Nous obtenons des résultats similaires sur des sièges en plaçant les capteurs dans un coussin. Ces travaux s'appliquent donc à l'étude de la vigilance du pilote pour les sociétés ferroviaires, aéronautiques et automobiles. En effet, de nombreuses études ont montré que la variabilité de la fréquence cardiaque est corrélée à l'état cognitif et à la vigilance. Le caractère non intrusif du dispositif permet d'intégrer le dispositif pour le suivi longue durée des conducteurs.

Pour aller plus loin

---

[https://www.researchgate.net/profile/Guillaume\\_Cathelain/research](https://www.researchgate.net/profile/Guillaume_Cathelain/research)

# Contrôle attentionnel d'une aide auditive

## Contexte scientifique

On estime que la perte auditive non traitée dans l'UE coûte chaque année plus de 185 milliards d'euros, soit plus que la totalité de son budget. L'adoption d'aides auditives, limitée par de mauvaises performances dans les environnements bruyants, peut être stimulée par des réseaux de microphones et des algorithmes basés sur l'apprentissage profond, mais seulement si l'utilisateur peut les contrôler efficacement. Ce projet développe des méthodes de contrôle attentionnel et cognitif qui minimisent la charge comportementale et cognitive de l'utilisateur.

## Méthode

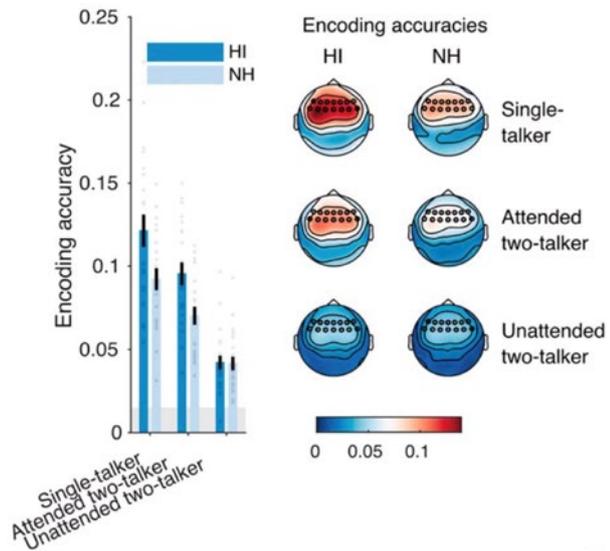
Au cours des 4 dernières années, nous avons exploré l'utilisation des signaux cérébraux, enregistrés par des électrodes de surface (par exemple dans le canal auditif), ainsi que des algorithmes de décodage permettant de dériver un signal de contrôle directement de l'état du cerveau de l'utilisateur (projet H2020 COCOHA). Il est actuellement prévu d'inclure des signaux audiovisuels (AV) et des signaux du regard, ainsi que des modèles récents d'apprentissage en profondeur pour déduire un modèle des moyens AV (sources dans l'environnement) et un modèle d'attention AV à ces moyens, ainsi que des algorithmes récents de séparation du son complétés par des signaux AV.

## Résultats

Nous avons démontré la faisabilité du concept dans le cadre d'une démonstration en temps réel comprenant un réseau de microphones ad hoc sous le contrôle d'un algorithme de décodage alimenté par les signaux d'une casquette EEG. Les progrès réalisés dans les éléments clés de la solution sont documentés dans les publications (lien ci-dessous).



Le contrôle cognitif permet à l'utilisateur de diriger un traitement acoustique sophistiqué.



Les signaux attentionnels sont en fait améliorés chez les sujets malentendants.

## Discussion

Le contrôle est un obstacle majeur à l'élaboration de solutions efficaces pour les malentendants. Le contrôle cognitif/attentionnel, s'il est efficace, sera une technologie habilitante clé.

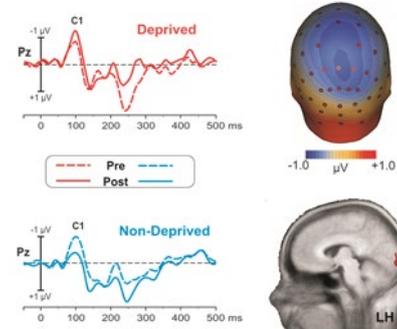
Pour aller plus loin

---  
Liste des publications sur [www.cocoha.org](http://www.cocoha.org)

# Plasticité du cortex visuel de l'adulte

## Contexte scientifique

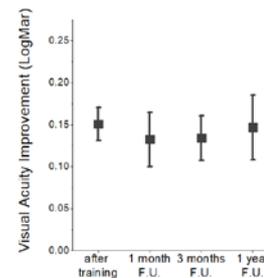
Au cours du développement, pendant la période dite critique (6-7 ans chez l'homme), le potentiel plastique du cortex visuel est maximal. Par la suite, on pense que le cortex visuel devient résilient au changement. Un cas paradigmatique est celui de l'amblyopie, dont le traitement repose sur la plasticité du cortex visuel et est inefficace à l'âge adulte. Nous avons révélé une nouvelle forme de plasticité du cortex visuel adulte chez l'homme et l'avons exploitée pour développer de nouvelles thérapies pour l'amblyopie.



L'amplitude de la première composante du potentiel visuel évoqué est modifiée par le MD à court terme.

## Méthode

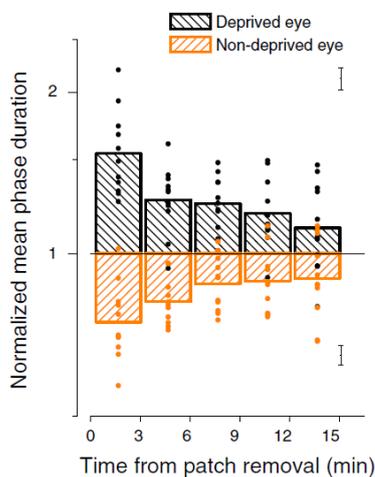
Nous avons étudié l'effet de la dominance de la privation monoculaire (DM) à court terme (2 à 2,5 heures) et de l'activité corticale visuelle (EEG, IRMf, SRM) chez l'homme adulte. La dominance oculaire a été mesurée sur le plan comportemental au moyen de la rivalité binoculaire.



Amélioration de l'acuité visuelle chez les patients adultes amblyopes après 4 semaines d'entraînement (2h d'occlusion de l'œil amblyope + exercice physique).

## Résultats

Le MD de courte durée modifie de manière inattendue la dominance oculaire en faveur de l'œil privé chez l'homme adulte, reflétant la plasticité homéostatique. Le signal de l'œil privé est amplifié au niveau de la perception et au niveau neural dans V1. La privation à court terme de l'œil amblyope et de l'exercice physique a induit la récupération à long terme (1 an) de la fonction visuelle chez les patients amblyopes adultes.



La dominance perceptive de l'œil privé augmente après 2,5 h de MD chez les adultes.

## Discussion

Le cortex visuel humain adulte conserve un degré de plasticité dépendant de l'expérience plus élevé qu'on ne le pensait, ce qui peut être exploité pour la réhabilitation des maladies visuelles.

### Pour aller plus loin

---  
Lunghi C, Burr DC, Morrone C (2011) *Brief periods of monocular deprivation disrupt ocular balance in human adult visual cortex.* *Curr Biol* 21:R538-9 ; Lunghi C, Berchicci M, Morrone MC, Di Russo F (2015) *Short-term monocular deprivation alters early components of visual evoked potentials.* *J Physiol* 593:4361-4372 ; Lunghi C, Emir UE, Morrone MC, Bridge H (2015) *Short-Term Monocular Deprivation Alters GABA in the Adult Human Visual Cortex.* *Curr Biol* 25:1496-1501 ; Lunghi C, Sframeli AT, Lepri A, Lepri M, Lisi D, Sale A, Morrone MC (2019) *A new counterintuitive training for adult amblyopia.* *Ann Clin Transl Neurol* 6:274-284.

# Stratégies de perception des utilisateurs d'aides auditives

## Contexte scientifique

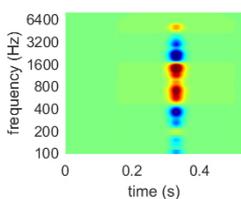
La plupart des aides auditives actuelles visent principalement à compenser la perte de sensibilité auditive par une amplification multicanaux. Toutefois, ce rétablissement de l'audibilité normale ne sera utile que si les personnes malentendantes sont toujours capables d'utiliser les informations amplifiées dans la région de leur lésion cochléaire. Ce projet s'appuie sur une illusion auditive («bump noise») pour mesurer les stratégies perceptives des auditeurs normaux et des utilisateurs d'aides auditives.

## Méthode

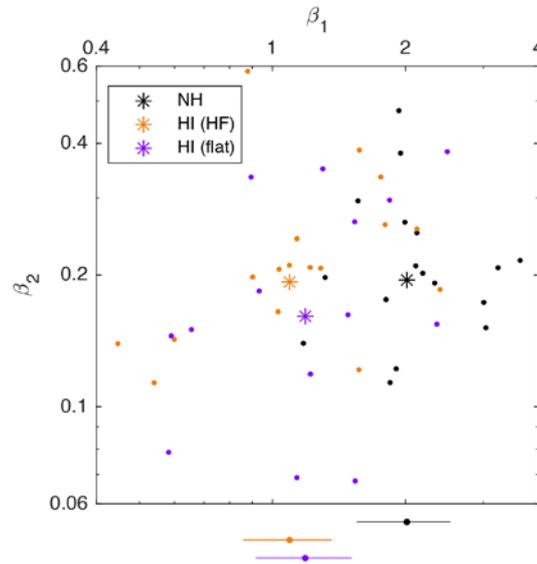
Nous avons mesuré les poids perceptifs associés aux indices acoustiques de haute et de basse fréquence par des participants normoentendants et malentendants engagés dans une tâche de catégorisation des phonèmes. Les participants malentendants bénéficiaient d'une amplification multicanaux similaire à celle fournie par leur appareil auditif.

## Résultats

La cartographie des stratégies perceptuelles individuelles pour les deux groupes a révélé que les auditeurs atteints d'une perte auditive dans les hautes fréquences s'appuient relativement moins sur les informations hautes fréquences de la parole que les auditeurs normaux et, ce, même lorsqu'ils bénéficient d'une amplification dépendant de la fréquence. Ceci peut expliquer pourquoi les personnes atteintes d'une perte de sensibilité auditive hautes fréquences ne tirent qu'un bénéfice limité de leur audioprothèse pour l'intelligibilité de la parole.



Exemple de carte perceptuelle obtenue pour un participant à l'audition normale dans une catégorisation /da-/ga/. Cette matrice de poids représente les régions temps-fréquence où l'information acoustique influence le plus la décision phonologique (régions rouge et bleue).



Poids associés à deux indices acoustiques dans une tâche de catégorisation des phonèmes, mesurés pour les auditeurs normaux (noir) et les utilisateurs d'appareils auditifs (orange et indigo). L'écart entre les deux groupes indique que les auditeurs malentendants ont pondéré les informations acoustiques différemment des auditeurs normaux, même si leur déficit d'audibilité a été compensé par une aide auditive.

## Discussion

Bien que traditionnellement considérée comme une simple perte de sensibilité, la perte auditive entraîne également un changement dans les stratégies de perception de la parole. Dans l'ensemble, ces résultats illustrent les raisons pour lesquelles les aides auditives actuelles sont insuffisantes et motivent l'utilisation de nouvelles technologies pour explorer les directions d'amélioration de la prochaine génération d'audioprothèses.

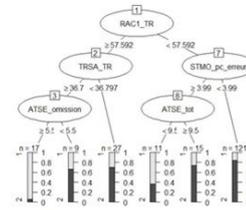
### Pour aller plus loin

Varnet L., Langlet C., Lorenzi C., Lazard D. S. et Micheyl C. (2019). *High-Frequency Sensorineural Hearing Loss Alters Cue-Weighting Strategies for Discriminating Stop Consonants in Noise*. Trends in Hearing, 23: 1–18. Varnet L., Knoblauch K., Serniclaes W., Meunier F., Hoen M. (2015). *A Psychophysical Imaging Method Evidencing Auditory Cue Extraction during Speech Perception: A Group Analysis of Auditory Classification Images*. PLoS ONE, 10(3): e0118009. doi: 10.1371/journal.pone.011800.

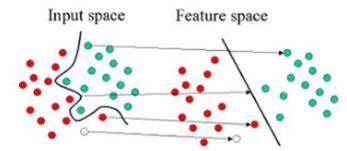
# Prévision des capacités de conduite automobile à l'aide de méthodes de classification

## Contexte scientifique

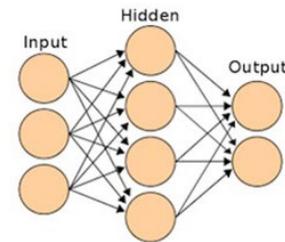
Le modèle multifactoriel de la conduite automobile (1) a permis de déterminer les fonctions à évaluer dans le but de déterminer les conditions nécessaires à une conduite sûre : vitesse de traitement de l'information, temps de réaction aux choix, capacités d'attention visuelle et mémoire de travail. L'objectif de la présente étude était d'appliquer des méthodes de classification supervisées pour estimer la prévisibilité des résultats psychométriques par rapport aux résultats obtenus lors d'un examen de conduite.



(1) Decision Tree



(2) Support Vector Machine



(3) Artificial neural network

Représentation des trois différents algorithmes d'apprentissage supervisé utilisés A

## Méthode

Au total, 300 participants (112 femmes et 188 hommes, âgés de 20 à 75 ans) ont été recrutés et testés à l'aide de la batterie de tests de l'ACCA. Cette batterie est composée de 4 tests d'analyse : Attention sélective, coordination motrice, temps de réaction au choix, flexibilité de l'attention. De plus, les sujets ont passé un test de conduite pour connaître leurs capacités de conduite. Différents algorithmes d'apprentissage supervisé ont été utilisés : Arbre de décision, *Support Vector Machine* (SVM) et Réseau neuronal (ANN).

## Résultats

Lorsque l'on considère les résultats, il est clair que les arbres de décision ne sont pas satisfaisants car ils ne fournissent pas les moyens de prédire le résultat à partir de données non explorées. Lorsque l'on considère les modèles SVM et ANN, ceux qui fournissent les plus petites valeurs d'erreur sont les ANN (0,25).

## Discussion

Nos résultats indiquent clairement que les ANN (artificial neural network) sont la meilleure approche à utiliser. Dans ce cas, nous avons pu classer correctement 73,2% des individus (soit 219 sur 300). Après avoir examiné de près la nature des erreurs de classement, nous avons constaté que nos modèles d'ANN avaient des difficultés à détecter les conducteurs inaptes. D'autres travaux sont en cours pour maximiser la sensibilité des classificateurs dans une population plus large.

### Pour aller plus loin

---  
Delevoeye-Turrell Y., Boitout J., Bobineau C., Vantrepotte Q., Davin T., Dinca A. et Desenclos I. (2018) *Predicting safe driving abilities using supervised classification methods*. Conference abstract : 6th International Conference on Driver Distraction and Inattention (DDI2018), 15th-17th October 2018, Gothenburg, Sweden

# Dynamique d'interaction dans la genèse de signes tactiles

## Contexte scientifique

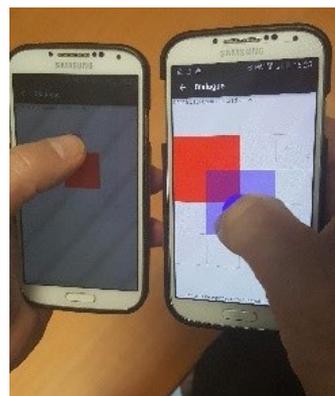
Nos interfaces de communication tactile (Module d'Interaction Tactile - MIT) permettent une étude fondamentale des mécanismes de coordination lors de la genèse de signes partagés. Une question fondamentale est celle de la synchronisation des dynamiques d'interaction ainsi que celle de l'émergence de «tours de parole» successifs. Nous comparons et analysons les différentes stratégies de coordination mises en œuvre par les sujets dans le cadre d'échanges médiatisés par ces dispositifs.



Le Module d'Interaction Tactile intègre 16 picots piezoélectriques. Se connecte au smartphone par Bluetooth. Peut être fixé au dos du smartphone.

## Méthode

Il s'agit d'étudier les mécanismes de la création de signes tactiles à travers une interface nouvelle : les Modules d'Interaction Tactile couplés à des smartphones et commandés par notre logiciel Dialtact. Les études expérimentales portent sur la dynamique d'interaction entre deux sujets lors de la négociation qui aboutit à la création d'un signe partagé. Cette tâche de coordination, intégralement conduite en modalité «tactile», permet d'observer les phases d'ajustement entre les partenaires lors de l'échange de tour de parole (*turn-taking*) ainsi que les signes inventés par chaque binôme. Les expériences sont réalisées dans le cadre de la Plateforme Suppléance Perceptive du COSTECH.



Principe d'interaction étudié : les mouvements d'un utilisateur sur l'écran de son smartphone commandent l'activation des picots tactiles sur le smartphone du partenaire et réciproquement.

## Résultats

Les sujets se révèlent capables de construire des séries de signes partagés. Les moments de communication synchrones sont rapidement suivis de l'émergence spontanée du *turn-taking*. Des signes dédiés à la fonction phatique et à la méta-coordination sont spontanément créés.

## Discussion

La possibilité d'interactions tactiles enrichit radicalement l'expérience de communication («dialogue tactile») et la qualité du sentiment de présence de l'interlocuteur.

Pour aller plus loin

---

Vidéo sur [https://youtu.be/vXRozz\\_K0qM](https://youtu.be/vXRozz_K0qM)

# Créativité collective en environnement virtuels multi-utilisateurs

## Contexte scientifique

Les études précédentes ont montré que les environnements virtuels multi-utilisateurs en réseau en ligne (MUVE) favorisent l'optimisation de la performance créative collective. Toutefois, aucune étude n'a étudié l'expression du potentiel créatif individuel dans une tâche de brainstorming en groupe. Cette étude a exploré les questions suivantes : est-ce que les MUVE libèrent-ils le potentiel créatif de chacun quel que soit son profil créatif initial ? Quelle combinaison de ressources créatives favorise la fluidité dans une tâche de brainstorming ?

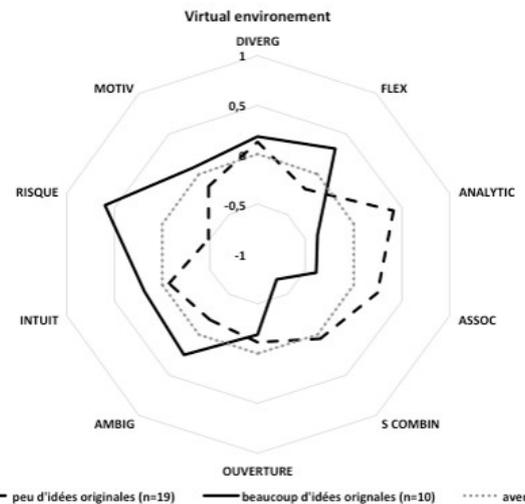
## Méthode

L'étude a comporté des séances de brainstorming dans deux conditions : une salle de réunion classique en environnement réel (ER) et une salle de réunion similaire dans un environnement virtuel (EV). 60 usagers des transports en commun ont été assignés, par groupe de 3, au hasard à l'une des deux conditions et ont réalisé un brainstorming sur les moyens d'améliorer la mobilité à Paris.



## Résultats

Les résultats ont indiqué qu'au niveau de l'équipe, la fluidité et l'originalité étaient significativement améliorées en travaillant en EV par rapport à ER. Cependant, au niveau individuel, les résultats suggèrent que EV ne favorise pas tout le monde. Les participants à l'EV à forte propension à prendre des risques étaient significativement plus créatifs (maîtrise et originalité) que les autres participants (par exemple, ceux ayant un profil similaire en ER ainsi que les participants ayant de faibles scores en matière de prise de risque en EV). Une tendance similaire a été observée pour la pensée divergente et la flexibilité mentale, mais dans une moindre mesure.



EV : Profils du potentiel créatif des participants ayant produit peu et beaucoup d'idées originales par rapport à la moyenne du groupe. DIVERG : pensée divergente, FLEX : flexibilité mentale, ANALYTIC : pensée analytique, ASSOC : pensée associative, S COMBIN : pensée analogique, AMBIG : tolérance à l'ambiguïté, INTUIT : pensée intuitive, Risque : propension à oser, MOTIV : Motivation

## Discussion

L'environnement virtuel offre une atmosphère «libératrice» qui désinhibe cognitivement les participants ayant une forte propension à prendre des risques, des scores élevés en pensée divergente et en flexibilité mentale. Cette désinhibition serait facilitée par une forte tendance à l'ouverture et à la pensée intuitive, via un élargissement du champ d'attention et à l'activation de concepts plus distants sur le plan conceptuel. Il convient donc de vérifier que l'environnement virtuel favorise un sentiment d'ouverture et entraîne un élargissement du champ de l'attention au niveau perceptuel évalué grâce à la technique du *eye-tracking*.

### Pour aller plus loin

---  
Bourgeois-Bougrine S., Richard P., Burkhardt J. M., Frantz B. et Lubart T. (2020). *The expression of users' creative potential in virtual and real environments: An exploratory study*. *Creativity Research Journal*, 1-11

## Contexte scientifique

L'objectif des autorités sanitaires en France est de passer de 50 à 70% des gestes réalisés en chirurgie ambulatoire. L'hôpital passe d'une prise en charge des patients intégralement en hospitalisation à un séjour hospitalier bref au sein de plateaux techniques pour ensuite être suivi en ville ou dans des structures sanitaires adéquates. Une structuration du parcours de santé en anesthésie réanimation basé sur une approche personnalisée, prédictive et préventive est souhaitable. Pour cela il est impératif de mettre en place une politique appuyée sur un suivi longitudinal individuel de la personne ou SLI. Dans ce but nous nous sommes fixés les objectifs suivants.

---

## Méthode

D'abord, sécuriser et organiser l'accès à des données physiologiques propres, brutes et indexées sur le comportement sensorimoteur du patient chirurgical et en réanimation. Ensuite, à partir du SLI, détecter des signes précoces de pré-fragilité et de fragilité. Ceci demande la mise au point de dispositifs médicaux pour prélever ces données. Il s'agit aussi de collecter chez la personne suivie, non seulement ces données physiologiques, mais aussi des données psychologiques, biologiques et socio-économiques. Enfin, il faut agréger ces données hétérogènes dans un nuage numérique pour les analyser. Nous avons donc mis au point plusieurs dispositifs très automatisés de collectes des données de santé qui permettent le suivi longitudinal individuel des patients chirurgicaux et en unité de soins intensif.

---

## Résultats

Nous avons mis en place un dispositif original («TRIS») qui permet de quantifier la profondeur de l'anesthésie avec une précision accrue par rapport aux dispositifs existant. Il met en oeuvre un recueil amélioré des données physiologiques (dispositif intitulé «COUVETTE») et des algorithmes originaux brevetés et publiés par le Centre Borelli.

## Discussion

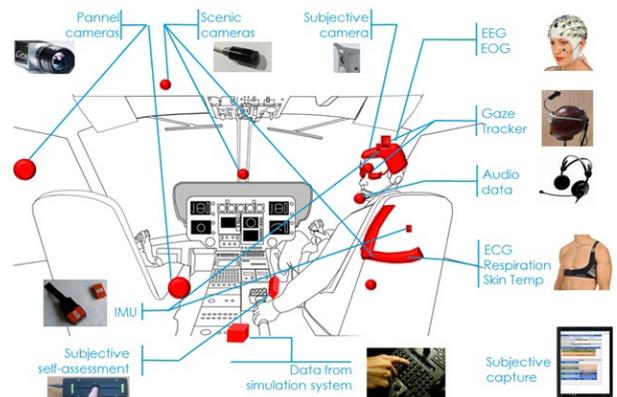
La mise sur pied d'un parcours prédictif, personnalisé, participatif, de la personne à la suite d'une indication chirurgicale ambulatoire ou non et/ou d'un séjour en réanimation présente plusieurs intérêts dont des aides à la décision pour les professionnels basés sur le repérage continu, en ligne, des signaux faibles qui permettent de diagnostiquer précocement un syndrome de pré-fragilité ou de de fragilité.

## Contexte scientifique

Dans le système d'interaction homme-machine de l'aviation moderne, le rôle du pilote est en train de se transformer d'opérateur manuel en moniteur en raison de l'amélioration des performances et de l'automatisation de l'avion. Le pilote doit surveiller simultanément plusieurs indicateurs lorsqu'il effectue des missions de vol. La capture efficace des informations visuelles dépend donc beaucoup d'une allocation raisonnable de la ressource d'attention autorisée du pilote. La charge de travail mental est donc l'un des facteurs les plus importants qui influent sur l'attribution des ressources d'attention du pilote. Par conséquent, au stade de la conception de l'interface homme-machine du poste de pilotage de l'avion, l'évaluation précise, la classification quantitative et la prévision de la charge mentale du pilote jouent un rôle essentiel.

## Résultats

Ceci a permis de débiter la constitution d'une base de données brutes, propres et indexées sur une dizaine de pilotes en simulateur. La fouille de ces données a permis la mise au point d'un modèle préliminaire de la charge mentale du pilote, en différé.



## Méthode

Dans ce contexte, le projet vise à fournir un modèle d'évaluation/prédiction de la charge mentale du pilote. La réalisation de ce modèle implique un enregistrement et un traitement continu de variables neurophysiologiques sur l'opérateur, ce qui ouvre la voie d'un suivi de sa vigilance et de ses signes vitaux (incapacités). Jusqu'à très récemment la mesure de ces variables en vol, sur des pilotes, paraissait très irréaliste pour au moins trois raisons : la difficulté à équiper les pilotes, occupés à des tâches complexes, le volume des données pour l'enregistrement de toutes les variables, enfin les outils mathématiques nécessaires manquaient pour combiner ces variables très hétérogènes par nature afin d'estimer la charge de travail du pilote et notamment sa charge mentale. À partir des années 2015, la miniaturisation, la baisse de coût des capteurs, la possibilité de stockage accru ont rendu possible en théorie de mesurer la charge mentale en continu dans le cockpit. Il s'agit de passer de la théorie à la pratique. Nous avons donc monté une équipe pluridisciplinaire (ingénieurs, ergonomes, neurophysiologistes, mathématiciens) et mis au point une chaîne de mesure des variables physiologiques du pilote pour décrire quantitativement son comportement.

## Discussion

Il faut maintenant transformer l'essai et pour cela élargir notre base de données, perfectionner notre modèle à partir de cette base de données plus fournie et faire fonctionner notre modèle en ligne.

Pour aller plus loin

---  
[dimitri.keriven-serpollet@parisdescartes.fr](mailto:dimitri.keriven-serpollet@parisdescartes.fr)  
<http://centreborelli.cnrs.fr>

# Téléopération immersive de robot humanoïde

## Contexte scientifique

Communication homme-homme médiatisée par un robot humanoïde

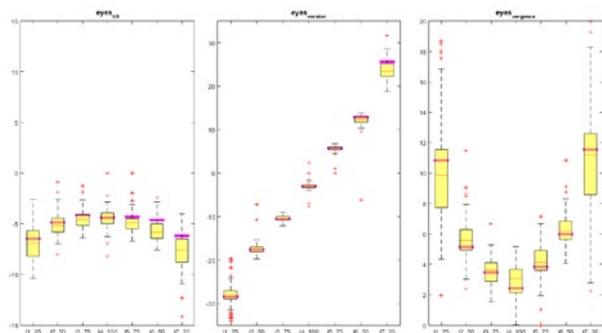
- Pilote : amélioration de la perception de la scène et du sentiment de présence
- Robot : apprentissage de comportements sociaux (don cognitif du pilote)
- Interlocuteurs : bénéficie d'un service situé avec un bilan GES faible



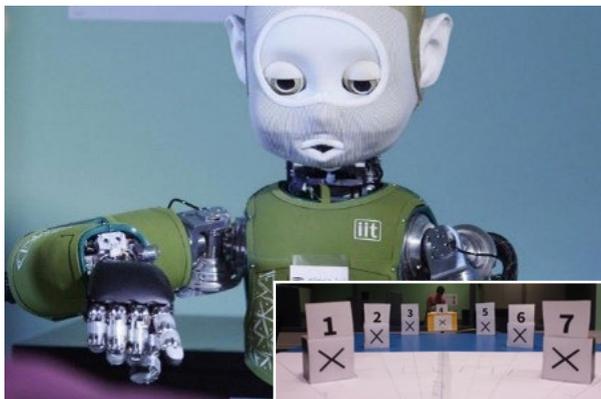
Dispositif de téléopération immersive. Application à l'animation d'un jeu de société multi-joueurs.

## Méthode

La plateforme de téléopération immersive permet à un pilote équipé d'un casque de réalité virtuelle équipé d'un oculomètre binoculaire d'interagir avec des interlocuteurs distants via un robot humanoïde équipé d'yeux mobiles embarquant des caméras. D'autres segments du corps participant à la communication sociale sont aussi téléopérés : mouvements de tête, de la mâchoire et des lèvres, des paupières ainsi que des gestes des bras et des mains. Ceci contribue à renforcer le sentiment de présence du pilote dans la scène, qui bénéficie ainsi d'un service situé.



Contrôle des mouvements des yeux du robot par les mouvements oculaires du pilote. Vérification des reports de consignes d'élévation, azimuth et vergence pour 7 cibles placées devant le robot.



## Discussion

Ce dispositif ouvre des perspectives applicatives et scientifiques, tant du point de vue de l'impact de cette téléopération immersive innovante sur le comportement et la cognition du pilote que de la présence sociale augmentée du robot sur les interlocuteurs. Ces dimensions sont explorées dans le projet 80 ans CNRS «présence robotique» en collaboration avec P. Huguet du LAPSCO-UCA et la chaire *Collaborative Intelligent Systems* de MIAI.

## Résultats

Le modèle SGCS (stereo gaze-contingent steering)<sup>1</sup> permet de contrôler la vergence des yeux du robot via celle des yeux du pilote, permettant une meilleure perception de la profondeur de la scène distante. Un bénéfice secondaire de cette téléopération est de fournir au robot des démonstrations de comportement sociaux, données d'interaction située que des algorithmes d'IA pourront exploiter pour le doter de comportements autonomes.

### Pour aller plus loin

---  
gerard.bailly@gipsa-lab.fr  
[http://www.gipsa-lab.fr/recherche/poles-de-plates-formes/plates-formes.php?id\\_plateforme=98](http://www.gipsa-lab.fr/recherche/poles-de-plates-formes/plates-formes.php?id_plateforme=98)

<sup>1</sup> Cambuzat R. et al, (2018) *Immersive teleoperation of the eye gaze of social robots*, International Symposium on Robotics, Munich: pp. 232-239

# Démosaïçage pour les capteurs couleurs

## Contexte scientifique

Les capteurs d'images couleurs sont constitués d'un seul capteur au-dessus duquel est posé une matrice de filtres couleurs qui permet d'allouer une couleur à chaque pixel de l'image. Une étape de reconstruction d'image (démosaïçage) est alors nécessaire pour fabriquer une image couleur, à trois composantes par pixel (pour camera classique), à partir de celle extraite du capteur qui n'a qu'une couleur par pixel. Cette méthode de mesure est similaire à celle du système visuel humain pour lequel les cônes LMS forment également une mosaïque à la surface de la rétine. Pour le système visuel, l'arrangement est aléatoire et change entre les individus alors que pour les caméras nous utilisons des arrangements réguliers.

## Méthode

Nous proposons un algorithme de démosaïçage par apprentissage statistique, qui peut être utilisé avec n'importe quelle mosaïque régulière ou aléatoire. Nous avons étendu l'algorithme pour qu'il ne soit pas limité à trois couleurs mais puisse être utilisé pour un arrangement aléatoire d'un nombre quelconque de filtres spectraux. Le cœur de notre méthode de démosaïçage est de considérer un voisinage de pixels dans l'image RAW issue du capteur et de calculer les pondérations adéquates entre ces pixels pour reconstruire au mieux tous les pixels. Nous construisons un modèle physique de la formation d'image sur le capteur que nous utilisons pour l'apprentissage de la solution inverse (solution linéaire calculée par minimisation de l'erreur quadratique moyenne).

## Résultats

Les innovations de la technologie sont :

- Méthode générique qui fonctionne pour n'importe quel capteur
- Meilleure exploitation des pixels en termes de piqué des contours et justesse de la couleur même en basse lumière
- Temps de calcul réduit par rapport aux autres méthodes



image mosaïque

image reconstruite

## Discussion

Nous sommes en cours de création d'une startup, en étape de maturation par le SATT Linksium. Nous disposons d'un démonstrateur en Matlab/C++ sous forme d'une Toolbox ou d'une interface homme-machine qui a permis de comparer la technologie avec d'autres méthodes sur l'amélioration de qualité (résolution, DeltaE, PSNR) et la vitesse de traitement.

Pour aller plus loin

---

<https://youtu.be/oTHvwnVOftE>  
[david.alleysson@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:david.alleysson@univ-grenoble-alpes.fr)

# Brain Computer Interface et utilisabilité

## Contexte scientifique

La grande majorité des systèmes d'interface cerveau-ordinateur (BCI) sont basés sur la composante électrophysiologique baptisée P300. L'apprentissage d'un tel dispositif peut s'avérer complexe et demandant des ressources attentionnelles élevées. C'est pour cela que nous nous intéressons à étudier le type d'interface, ici la taille des claviers virtuels, selon le degré d'utilisabilité (efficacité, efficacité et satisfaction) afin de proposer une interface optimale en terme d'expérience utilisateur.

## Méthode

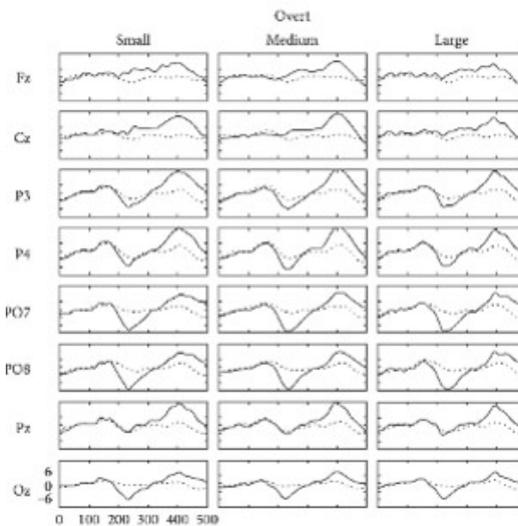
Trois tailles de clavier virtuel ont été testées par chaque participant. Les sujets devaient écrire à l'aide du BCI des mots ou des nombres. Une phase d'apprentissage du dispositif BCI était nécessaire. Nous avons mesuré plusieurs paramètres : efficacité (durée de l'apprentissage, nombre d'erreurs pour les mots écrit, forme des P300), efficacité (charge cognitive et fatigue) et satisfaction (ressenti subjective vis-à-vis des 3 claviers).

## Résultats

Les résultats mettent en évidence que l'impact de la taille du clavier varie selon les dimensions de l'utilisabilité. Un petit clavier entraîne une efficacité importante mais avec une charge cognitive trop élevée. Le grand clavier est peu coûteux en terme d'efficacité mais est peu efficace. Le clavier de taille moyenne entraîne de bonnes performances, est peu coûteux et est préféré par les individus donc présente le meilleur degré d'utilisabilité.



Dispositif du protocole BCI



Résultats obtenus pour la P300 selon la taille de clavier

## Discussion

Notre étude a démontré que le choix de l'interface (ici la taille du clavier virtuel) a une influence importante sur les performances des utilisateurs et doit être prise en compte lors de la conception d'un système BCI. Ce type d'étude permet de faire des préconisations d'interfaces optimales.

### Pour aller plus loin

---  
IMS - Équipe CIH : Jean-Marc André, Véronique Lespinet-Najib, Liliana Audin-Garcia  
Institut des Télécommunications de l'université de Malaga (Espagne) : Ricardo Ron Angevin

# MITOCOG : Cibler les MITOchondries pour améliorer la COGnition

## Contexte scientifique

Les mitochondries, «centrales énergétiques» et plateformes de signalisation cellulaire, s'adaptent à différents contextes en variant leur morphologie entre réseau de longs filaments et grains isolés. Cette «dynamique mitochondriale», due à un équilibre entre les forces de fusion et de fission, maintient le contrôle qualité des mitochondries. Particulièrement cruciale pour les neurones, ses déficiences sont un événement précoce de plusieurs troubles neurodégénératifs (Bertholet et al., 2016). Nous avons montré que leur amplification dans les nouveaux neurones de l'hippocampe adulte pouvait restaurer les défauts de mémoire spatiale observés dans un modèle murin de la Maladie d'Alzheimer (Richetin et al., 2017).

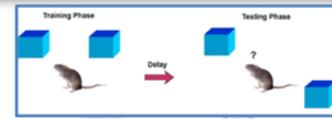
## Méthode

Favoriser la différenciation des néo-neurones adultes via un accroissement du fonctionnement mitochondrial dans un contexte de vieillissement normal ou pathologique. Étudier les conséquences cognitives de défauts mitochondriaux et utiliser différents traitements (génétiques, pharmacologiques, life style) pour les restaurer et déterminer les liens de causalité. Modèles animaux transgéniques, analyses comportementales ; Transduction de lentivirus et retrovirus, stéréotaxie ; Culture primaire de neurones embryonnaires ; analyses de protéines, *single-cell RNA seq* ; immunocyto- et histo-chimie, microscopie à fluorescence, analyse d'images, traitement du signal.

## Résultats

Nos premiers résultats permettent d'établir une contribution de la dynamique mitochondriale à la dendritogenèse et la spinogenèse des néo-neurones de l'hippocampe adulte chez le rongeur (Richetin et al., 2017; Andraini et al., en préparation).

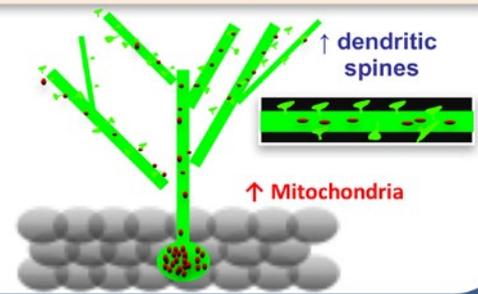
### Amélioration de la cognition & mémoire spatiale liées à l'hippocampe



Traitement -> augmentation neurogenèse -> amélioration de la mémoire dans les tâches liées à l'hippocampe <-> rôle des mitochondries?

Tests cognitifs et traitements des animaux

### Nouveaux neurones de l'hippocampe + traitements pharmacologiques ou de « life style »



Mise en évidence du lien entre dynamique mitochondriale et plasticité synaptique

## Discussion

Notre projet est donc d'analyser le rôle exact des mitochondries dans la différenciation et la connectivité des néo-neurones adultes. Ceci ouvre non seulement des possibilités thérapeutiques via le style de vie (exercice, alimentation) d'une part, et de traitements ciblant les mitochondries, d'autre part, dans le cadre de pathologies neurodégénératives, mais également participe de l'amélioration cognitive lors du vieillissement normal.

### Pour aller plus loin

---  
 Marie-christine.miquel@univ-tlse3.fr  
 claire.rampon@univ-tlse3.fr  
<http://cognition.ups-tlse.fr>  
<http://cbi-toulouse.fr/eng/projet-mitochondria-adult-neurogenesis-learning-and-memory-canopa>

# MOVE ON, MODéliser pour prédire l'éVolution et le traitEment de la pathogenèse de l'atrOphie optique domiNante et des pathologies liées à un déficit du gène OPA1

## Contexte scientifique

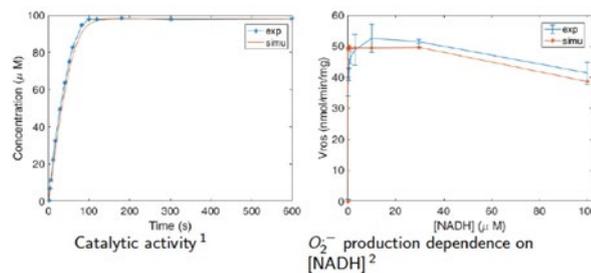
L'ATP est synthétisée par les mitochondries à partir de réactions d'oxydoréduction catalysées par les complexes de la chaîne respiratoire. Ces réactions impliquent des transferts d'électrons intraprotéines. Une capacité de production de l'anion superoxyde, formé par la réaction de l'oxygène avec un électron, a été identifiée pour les complexes 1 et 3. Les espèces actives de l'oxygène (EAOs) sont des molécules dérivées de l'anion superoxyde. Si elles ne sont pas correctement régulées par les défenses antioxydantes de la cellule, ces EAOs peuvent réagir avec les composants de la cellule et nuire à son fonctionnement : ce déséquilibre est appelé stress oxydatif. Nous modélisons mathématiquement leur production et détoxification au niveau cellulaire avec une approche translationnelle du fibroblaste au neurone.

## Méthode

Le modèle déterministe de la chaîne respiratoire mitochondriale que nous créons est utilisable pour différentes configurations et concentrations de substrats et produits. Nous construisons également un modèle stochastique du complexe 1 plus détaillé pour tester les interprétations issues de la modélisation déterministe et pour modéliser des mutations de certaines sous-unités du complexe 1 et voir les effets sur la production des EAOs.

## Résultats

Les résultats du modèle stochastique montrent que nous pouvons simuler l'activité catalytique du complexe 1 et de la production des EAOs. Les modèles déterministes fonctionnent également.



1. Sherwood S. et Hirst J., 2006
2. Kussmaul L. et Hirst J., 2006

Comparaison des simulations issues du modèle stochastique concernant l'activité catalytique du complexe 1 (simu courbe rouge) comparées à l'activité catalytique du complexe 1 déterminée in vitro (exp courbe bleue) (gauche). Comparaison des simulations issues du modèle stochastique concernant la production d'anion superoxyde du complexe 1 (simu courbe rouge) comparées à la production d'anion superoxyde du complexe 1 déterminée in vitro (exp courbe bleue) (droite)

## Discussion

A terme, le modèle déterministe sera paramétrable avec des données de patients dans le cadre de pathologies neurodégénératives comme l'atrophie optique dominante de type 1.

Pour aller plus loin

---

<http://cbi-toulouse.fr/fr/equipe-mitochondrial-dynamics-from-neurogenesis-to-neurodegeneration>

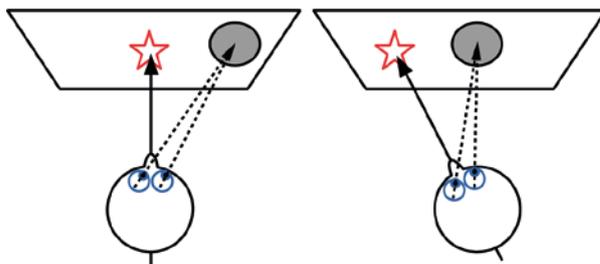
# Auto-augmentation des régions d'intérêt dans une plateforme de réalité virtuelle pour les malvoyants

## Contexte scientifique

Les personnes malvoyantes, contrairement aux personnes non-voyantes, n'ont pas perdu la totalité de leurs fonctions visuelles. Un objectif majeur de la recherche en Basse Vision est de redonner une certaine autonomie visuelle aux patients en développant des dispositifs d'aide visuelle et de réadaptation. Les progrès récents des technologies de réalité augmentée et virtuelle (RA/RV) ouvrent des perspectives très riches pour le développement de ces aides. Pour que ces outils soient adoptés, il est important que les malvoyants puissent les utiliser facilement et sans aide extérieure. Dans ce but, nous avons développé de nouvelles interfaces homme-machine dont nous avons testé l'utilisabilité chez des malvoyants.

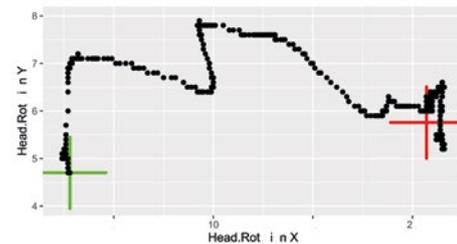
## Méthode

Nous avons implémenté dans un casque de réalité virtuelle un système permettant aux malvoyants de pointer des cibles réparties à diverses positions dans l'environnement virtuel. Ce pointage était réalisé grâce à l'asservissement en temps réel d'un pointeur à la position de la tête. Dans la figure ci-contre, le pointeur est représenté par une étoile pour deux positions de la tête. Le disque gris représente le scotome maculaire bilatéral (zone aveugle dans le centre du champ visuel). Lorsque le pointeur coïncidait avec une cible, cette dernière était visuellement augmentée par un clignotement.

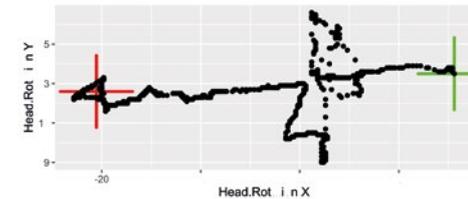


## Résultats

49 patients avec une dégradation bilatérale de la vision centrale ont passé une session d'environ une heure. Le résultat principal est que tous les patients ont réussi à utiliser sans difficulté particulière ce système de pointage bien qu'avec une durée supérieure à celle des sujets contrôles.



Pointage vers cible à droite (sujet 47)



Pointage vers cible à gauche (sujet 47)

## Discussion

L'utilisabilité de ce système de pointage nous encourage à poursuivre le développement de systèmes d'aide visuelle et de techniques de réadaptation basés sur des casques autonomes de Réalité Virtuelle et à plus long terme de Réalité Augmentée. Cette capacité de pointage intelligent permettra aussi bien des actions de sélection de menus que des actions visant à déclencher des augmentations visuelles des régions d'intérêt présentes dans une scène visuelle.

### Pour aller plus loin

---  
Calabrèse A, Denis-Noël A, Benzi-tobar M, Wu H-Y, Matonti F, Kornprobst P, et al. Can patients with central field loss perform head pointing in a virtual reality environment ? Dublin - Vision 2020 - Conference by the International Society for Low Vision Research and Rehabilitation; 2020. Available: <https://vision2020dublin.com/>

# Hibou, un livre électronique et interactif pour améliorer la lecture et la compréhension de textes

## Contexte scientifique

Hibou est un livre électronique de lecture interactive et de jeux pour entraîner les enfants à une lecture plus fluide. Pour les enfants faibles lecteurs ou dyslexiques, la difficulté de fluence de lecture est un problème majeur : leur lecture est lente, hésitante et laborieuse. L'objectif est d'entraîner cette compétence nécessaire à une scolarité réussie pour atteindre une lecture précise, assez rapide, réalisée sans effort et qui permet de centrer son attention sur la compréhension. Ceci permettra de favoriser l'exposition aux textes écrits, laquelle est un facteur de progression pour l'entrée du lecteur dans le cercle vertueux de «l'auto-apprentissage».

## Méthode

Hibou est un livre électronique de lecture interactive et de jeux développé pour iPad :

- Les enfants pratiquent des activités autour de la lecture sous forme de jeux.
- Des adaptations sont disponibles pour les enfants dyslexiques ou faibles lecteurs.
- Les parents peuvent suivre les résultats de leur(s) enfant(s) en un clin d'œil.
- Les enseignants ont des informations détaillées sur les performances de leurs élèves, ce qui aide à repérer les difficultés.
- Il est associé à un protocole de recherche CNRS et Éducation Nationale pour faire progresser l'étude de l'apprentissage de la lecture.

Il comporte notamment un choix du niveau de lecture, une option de simplification de textes et d'espacement des lettres ainsi qu'une présentation des textes phrase par phrase afin d'aider efficacement les élèves.



Hibou – une ressource d'entraînement à la lecture du CE1 au CM2

## Résultats

Hibou a été testé dans des écoles du Var par 26 enseignants. Un suivi de cohorte sur 3 ans, du CE1 au CM1, a montré que la simplification des textes aide les enfants faibles lecteurs à mieux comprendre les textes, et à augmenter leur vitesse de lecture. Hibou a été utilisé par plus de 600 élèves, le livre est maintenant accessible au plus grand nombre, parents, enseignants et orthophonistes souhaitant entraîner et évaluer la fluidité de lecture chez les enfants.



Pages de lancement des lectures et jeux

## Discussion

Accéder à des textes plus lisibles et plus compréhensibles permet au lecteur d'éprouver une sensation de réussite et de plaisir de la lecture. Nous souhaitons mieux comprendre les mécanismes cognitifs mis en jeu dans la lecture et son apprentissage afin de mieux entraîner cette compétence nécessaire à une scolarité réussie.

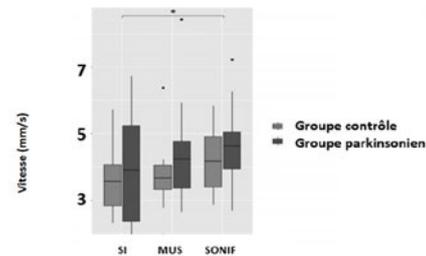
### Pour aller plus loin

---  
<https://lpc.univ-amu.fr/fr/hibou-livre-interactif>  
<https://books.apple.com/us/book/hibou/id1515724545?ls=1>  
 Contact : ludivine.javourey@univ-amu.fr,  
 stephane.dufau@univ-amu.fr,  
 johannes.ziegler@univ-amu.fr

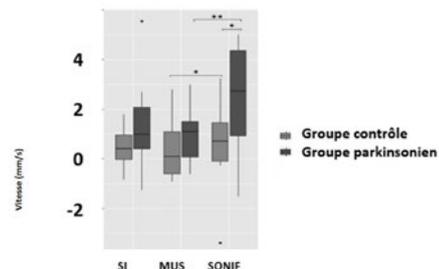
# ParkInSon, sonifier le mouvement humain pour optimiser son contrôle et (ré)apprentissage

## Contexte scientifique

Les théories issues du domaine du contrôle et de l'apprentissage moteur se sont focalisées sur le rôle prépondérant de la vision et de la proprioception, considérant que les mouvements que nous effectuons sont silencieux. Dans les quelques situations où nos mouvements produisent des sons, comme dans la musique par exemple, les travaux plus récents menés en neurosciences révèlent un lien très étroit entre son et mouvement, amenant à reconsidérer le potentiel de la modalité auditive pour optimiser le contrôle et la rééducation motrice.



Vitesse de mouvement dans les entraînements pour les deux groupes de participants. SI: en silence; MUS: en musique; SONIF: avec sonification musicale



Différence de vitesse de mouvement entre avant et après les entraînements pour les deux groupes de participants. SI: en silence; MUS: en musique; SONIF: avec sonification musicale

21

## Méthode

Le principe de sonification du mouvement humain, technique de réalité audio augmentée, consiste à transformer en temps-réel certaines variables du mouvement humain en information sonore afin d'en enrichir sa perception. En 2019, une nouvelle stratégie de sonification a été testée, basée sur la musique, auprès de patients parkinsoniens dans des tâches d'écriture. La méthode de sonification musicale consiste à modifier en temps réel une musique en fonction du mouvement d'écriture de sorte qu'elle se déforme lorsque le mouvement est trop lent et saccadé. Cette stratégie de sonification donne à la fois un feedback auditif sur le mouvement (lorsque la musique change) et des indices externes présents dans le tempo de la musique qui guident le geste (lorsque la musique ne change pas).

## Résultats

1. L'entraînement avec sonification musicale est plus efficace qu'un entraînement en musique pour permettre aux patients parkinsoniens de mieux contrôler leur mouvement d'écriture.
2. L'effet positif de la sonification musicale persiste même après l'entraînement, lors de post-tests effectués en silence.

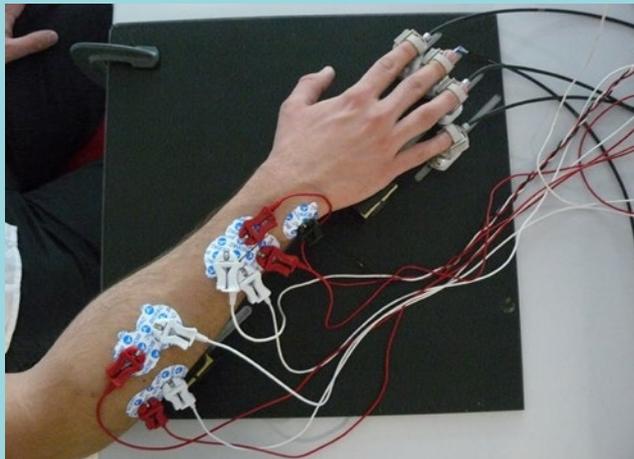
## Discussion

Cette technique de réalité audio augmentée, qui consiste à utiliser une musique qui change selon nos propres mouvements, semble très prometteuse pour aider des personnes ayant la maladie de Parkinson à mieux contrôler leur mouvement. Dans cette étude, seulement quelques minutes d'entraînement étaient proposées aux participants. Nous sommes actuellement en train de tester un protocole de rééducation basé sur deux semaines de rééducation, avec des tests et une Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle avant et après rééducation afin de mieux comprendre ces effets au niveau comportemental et cérébral.

### Pour aller plus loin

---  
Véron-Delor L., Pinto S., Eusebio A., Azulay J.-P., Witjas T., Velay J.-L., et Danna, J. (2019). *Musical Sonification improves motor control in Parkinson's disease: a proof of concept with handwriting*. *Annals of the New York Academy of Sciences*. doi : 10.1111/nyas.14252  
Contact : jeremy.danna@univ-amu.fr  
lauriane.veron-delor@univ-amu.fr

# Évaluations comportementales cognitives



22

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...

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...). À ces outils de mesures s'ajoutent d'autres méthodologies de traitement du signal, de modélisation et de statistiques avancées (classifications, machine learning...)

# Un prototype de robot Co-Writer



## Contexte scientifique

Environ 6% des enfants entre 5 et 11 ans sont dysgraphiques: la recherche souligne l'importance de la détection et de la remédiation précoce de ces difficultés. La prise en charge thérapeutique de la dysgraphie consiste en de longues séries de séances d'entraînement afin d'aider l'enfant dans l'amélioration de ses capacités de contrôle de la motricité fine. Ces séances peuvent être fatigantes et émotionnellement difficiles pour des enfants qui souvent manquent de confiance et de motivation à pratiquer leurs capacités d'écriture.

## Méthode

Avec le projet iReChEck, en collaboration avec l'APHP, Sorbonne Université et l'EPFL de Lausanne, nous étendons les mesures observables employées par les thérapeutes à travers une caractérisation automatique de bas niveau de l'écriture et de la posture du corps, apte à capturer les micro-mouvements non-observables importants dans le processus d'écriture à la main. En même temps, nous proposons des activités d'entraînement engageantes avec un robot. Le système proposé mesurera l'état d'apprentissage de l'enfant, en donnant aux thérapeutes la possibilité d'évaluer ses progrès, d'adapter l'attitude du robot et la tâche d'apprentissage en accord avec les besoins de l'élève. Un prototype de robot Co-Writer a été développé et testé dans une étude de cas.

Grâce à un financement bilatéral franco-suisse ANR-FNS, plusieurs nouvelles activités seront conçues et testées à une échelle plus large en incluant deux populations d'enfants : en développement typique, en train d'apprendre l'écriture à l'école ; avec troubles du développement cognitif et qui présentent des difficultés de l'écriture éventuellement accompagnées par d'autres déficits (attention, autisme...).



Une séance d'entraînement de R. avec le prototype de robot Co-Writer

## Résultats

Le prototype de robot Co-Writer a été testé avec R., un garçon de 10 ans affecté par des troubles du neuro-développement cognitif qui, malgré 2 ans d'accompagnement spécifique avec des professionnels, limitaient fortement sa participation aux activités en classe. Après 20 séances hebdomadaires consécutives d'utilisation du prototype, R a retrouvé sa motivation : ses comportements d'évitement ont disparu ; la qualité de son écriture ainsi que sa posture se sont sensiblement améliorées. Les compétences acquises ont également été transférées en dehors des séances, en orthophonie et en classe.



Les progrès de R. en termes de qualité et vitesse de l'écriture

## Discussion

Le premier cas d'étude montre la faisabilité et l'acceptabilité de l'approche proposée. Des études cliniques contrôlées à plus large échelle, dans le cadre du projet ANR-FNS iReCheck, pourront confirmer les bénéfices de ce système dans l'étude et la remédiation de la dysgraphie.

### Pour aller plus loin

---  
 Dr. Thomas Gargot  
[thomas.gargot@etud.univ-paris8.fr](mailto:thomas.gargot@etud.univ-paris8.fr)  
 Dr. Salvatore Anzalone [sanzalone@univ-paris8.fr](mailto:sanzalone@univ-paris8.fr)  
 Pr. Dominique Archambault  
[dominique.archambault@univ-paris8.fr](mailto:dominique.archambault@univ-paris8.fr)  
 Pr. David Cohen [david.cohen@aphp.fr](mailto:david.cohen@aphp.fr)

# TAMED CLOUD, Interactions sensibles avec un nuage de données

## Contexte scientifique

Le projet Tamed-Cloud cherche à reconstruire une relation sensible, affective, esthétique, avec de grands ensembles de données numériques présentées sous la forme d'un nuage virtuel, vivant et malléable. Il s'agit de recréer une proximité sensorielle, visuelle et tactile, avec des données dématérialisées. Cette expérience de réalité virtuelle immersive, ré-active des capacités cognitives, indissociables de l'émotion et du corps en action, dans des activités complexes d'analyses intuitives ou de recherches créatives.

## Méthode

Ce projet réunit une équipe de designers d'expériences, de cognitiens et d'informaticiens, pour concevoir et réaliser un prototype d'expérience immersive en réalité virtuelle, facilitant l'interaction avec la masse d'informations, par le geste et la parole. L'utilisateur, dans le rôle d'un chercheur, d'un conservateur, ou d'un collectionneur en charge d'un corpus, peut sélectionner des groupes de données dans le nuage, les consulter et les organiser spatialement autour de lui ; il peut aussi entrer en conversation avec le nuage grâce à une application de reconnaissance de la parole. Les comportements du nuage ont pour rôle de favoriser les rapprochements de données et de générer des associations possibles, répondant ainsi aux objectifs d'accès à l'information et de découverte au sein de grands ensembles de données.

## Résultats

Une preuve de concept a été réalisée grâce au soutien conjoint d'IBM et de l'Institut Carnot Cognition. La réalisation d'un premier prototype fonctionnel en vue de son application à des cas métiers est en cours (financement Prématuration de PSL Valorisation).



Tamed-Cloud - Sujet en immersions



Présentation aux portes ouvertes de la BnF

## Discussion

Les premiers résultats obtenus ont démontré l'intérêt du concept auprès de différents types d'acteurs (laboratoires académiques, musées, bibliothèques, grands groupes industriels) et plusieurs projets sont en cours de contractualisation. D'un point de vue recherche, ce projet nécessite la réalisation d'une étude d'évaluation cognitive du dispositif.

Pour aller plus loin

---

Francois.Garnier@ensad.fr

Ensalab-ENSAD/PSL Université

<http://spatialmedia.ensadlab.fr/tamed-cloud/>

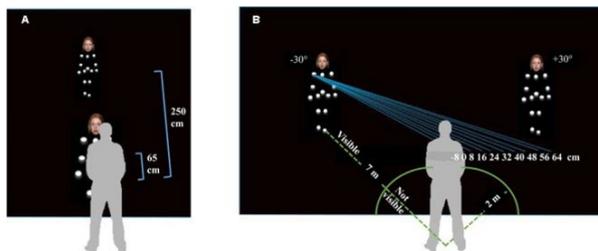
# Effet des expressions faciales d'un agent virtuel sur les interactions sociales avec un humain

## Contexte scientifique

L'espace d'action péripersonnel et l'espace interpersonnel-social sont tous deux influencés par la valence émotionnelle des expressions faciales d'un agent virtuel s'approchant de l'observateur. L'objectif de cette étude était de déterminer si la distance de confort interpersonnel avec un agent virtuel en approche dépend de la réponse physiologique déclenchée par ces mêmes agents lorsqu'ils se trouvent dans l'espace d'action péripersonnel, en fonction de son expression faciale.

## Méthode

L'expérience consistait en 2 tâches présentant des affichages 3D d'agents virtuels en mouvements représentés à l'aide d'une séquence animée de point lumineux (PLD, point-light display) et avec une expression faciale neutre, heureuse ou en colère. Dans la première tâche, les participants devaient juger s'ils pouvaient atteindre un PLD statique situé à différentes distances alors que leur activité électrodermale (AED) était enregistrée. Dans la deuxième tâche, les participants devaient estimer si la distance à laquelle le PLD en approche traversait leur plan fronto-parallèle était confortable ou non.



Panneau A : Tâche 1 = l'agent virtuel est statique.  
 Panneau B : Tâche 2 = l'agent virtuel est en déplacement

## Résultats

Lorsque l'agent virtuel exprimait la colère, les résultats ont montré une augmentation de l'AED lorsqu'il est situé à une distance atteignable et une plus grande distance de confort interpersonnel. La distance de confort interpersonnel pourrait être prédite à partir de la réponse physiologique.

## Discussion

L'espace d'action péripersonnel et l'espace interpersonnel-social sont tous deux influencés par la signification émotionnelle des stimuli sociaux. Ainsi, ils peuvent s'appuyer sur des mécanismes communs en relation avec le système d'action motorisée. En outre, la distance de confort interpersonnel peut être prédite à partir de la réponse physiologique déclenchée par l'état émotionnel de l'autre.

### Pour aller plus loin

---  
 Cartaud A., Ruggiero G., Ott L., Iachini T., et Coello Y. (2018). *Physiological response to facial expressions in peripersonal space determines interpersonal distance in a social interaction context*. *Frontiers in psychology*, 9.

# Est-ce que les femmes sont perçues comme moins bonnes magiciennes que les hommes ?

## Biais de genre dans l'évaluation de tours de magie

### Contexte scientifique

Depuis une cinquantaine d'années, de nombreuses recherches ont investigué l'influence de stéréotypes de genre sur la création de biais de représentation et de jugement (Goldberg, 1968 ; Swim, Borgida, Maruyama et Myers, 1989). Dans la lignée de ces recherches, nous avons l'influence des biais de genre dans un domaine artistique minoritairement représenté par des femmes : la prestidigitation. Cette étude révèle l'existence d'un biais de jugement allant à l'encontre des femmes et pouvant mener à une sous-évaluation de leurs performances par rapport à celle des hommes. Les mécanismes potentiellement en jeu dans ce biais de genre sont discutés.

### Méthode

#### Expérience 1

64 étudiants (33 femmes, moyenne d'âge 23 ans ; ET = 4.15) de l'Université de Fribourg étaient exposés à 14 tours de magie présentés en vidéo. L'illusionniste était ganté, vêtu d'un t-shirt ample et filmé au niveau du bas de son buste afin que son genre ne puisse être inféré sur la base de cet indice perceptif. Pour la moitié des participants, le magicien était présenté comme étant un homme (NICOLAS), pour l'autre moitié comme étant une femme (NATHALIE). Après chacun des tours, les participants devaient répondre aux trois questions suivantes :

1. «A quel point le tour était bon (1 = pas bon du tout, 7 = très bon) ?»
2. «A quel point il était impressionnant (1 = pas impressionnant du tout, 7 = très impressionnant) ?»
3. «Avez-vous deviné quel est le secret du tour (1 = pas du tout, 7 = absolument) ?»

#### Expérience 2

173 étudiants (107 femmes, moyenne d'âge = 21.4; ET = 3.91) de l'Université de Fribourg ont participé à la même procédure que celle de l'Expérience 1. L'unique différence était la présence d'une quatrième question

(cela pour l'évaluation de chacun des 14 tours) :  
«Même si vous n'avez pas trouvé le secret du tour, tentez d'expliquer comment le tour fonctionne ».

### Résultats

Les résultats de l'Expérience 1 montrent que le tour de magie que les participants supposent être effectué par un homme (NICOLAS) est en moyenne évalué comme étant meilleur que celui qu'ils-elles supposent être effectué par une femme (NATHALIE). Les résultats de l'Expérience 2 montrent que cette différence de genre disparaît lorsque les participants doivent donner une explication aux tours qu'ils évaluent.

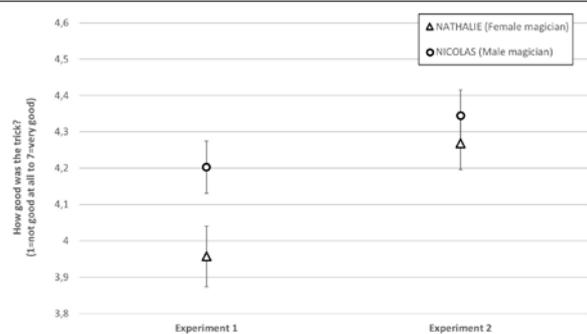


Figure 1. Comparaison entre l'Expérience 1 et l'Expérience 2 pour l'effet du genre de l'illusionniste (Nathalie ou Nicolas)

### Discussion

Les résultats de ces deux expériences montrent que, dans le domaine de la prestidigitation, les stéréotypes de genre peuvent générer des biais de jugement en défaveur des femmes. Ce stéréotype de genre pourrait être réduit par l'activation d'une analyse plus contrôlée (système 2) s'opposant au jugement biaisé.

#### Pour aller plus loin

---  
Gygax P., Thomas C., Didierjean A. et Kuhn G. (2019). *Are Women Perceived as Worse Magicians Than Men ? Gender Bias When Evaluating Magic Tricks*. *Social Psychological Bulletin*, 4, 1-19.

## Contexte scientifique

La créativité fait référence à la capacité à engendrer des productions (idées, réalisations) qui sont à la fois originelles et adaptées dans leur contexte. Le potentiel créatif est mesuré par des épreuves de mise en situation. La batterie EPoC (Evaluation du potentiel créatif) permet de mesurer ce potentiel.

## Méthode

Une étude menée par l'OCDE dans 11 pays a examiné l'éducabilité de la créativité chez les enfants. L'étude était organisée autour d'un pré-test, suivi d'un enseignement favorisant la créativité, puis un post-test. Dans chaque pays, il y avait à la fois des enfants scolarisés dans les écoles «d'intervention» et des écoles «témoins». Les mesures de l'EPoC ont permis d'évaluer la pensée créative divergente et convergente-intégrative, au pré-test/post-test. De nombreuses mesures ont été également associées à cette étude internationale.

## Résultats

Il y avait, de manière générale, un impact positif des interventions favorisant la créativité. Ces effets ont été observés dans une diversité de contextes culturels. Par rapport à la batterie d'EPoC, sur le plan de la psychométrie, la sensibilité, fidélité et validité factorielle ont été mises en valeur.

## Discussion

Dans le contexte des compétences du 21<sup>ème</sup> siècle (pensée critique, créativité, collaboration, communication). Les études devront s'appuyer sur les mesures. Ce travail illustre la mise en œuvre de ce type de mesure.



Exemple de production peu créative



Exemple de production créative

### Pour aller plus loin

---  
Lubart T., Besançon M. et Barbot B. (2019). *La créativité, ressource potentielle de l'enfant et l'adolescent, à évaluer, révéler et développer*. Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 67(3), 121-129. Stéphan V. L., Carlos G. S., Mathias B., Meritxell F. B., Gwénaél J., Joaquin, U. et Quentin V. (2019). *Educational Research and Innovation Fostering Students' Creativity and Critical Thinking What it Means in School: What it Means in School*. OECD Publishing.

# VICTEAMS, Virtual Characters for team Training: Emotional, Adaptive, Motivated and Social



## Contexte scientifique

Le projet VICTEAMS, financé par l'ANR, avait pour objectif de proposer des modèles pour la création d'environnements virtuels peuplés de personnages virtuels autonomes (PVA) destinés à former des leaders d'équipes médicales qui doivent gérer des situations de crise dans des environnements socio-techniques complexes. Il a mobilisé une équipe pluridisciplinaire composée de chercheurs en informatique, en psychologie, en ergonomie et de médecins.

## Méthode

La méthode de conception mise en œuvre s'est appuyée sur des études de terrain et de laboratoire pour 1) comprendre les activités de travail des leaders médicaux et des formateurs, 2) identifier des marqueurs comportementaux de compétences non-techniques, 3) identifier les comportements non-verbaux relatifs à ces compétences par les subordonnés. Ces éléments ont été des données d'entrée pour construire les modèles informatiques relatifs au PVA ainsi que le moteur de scénarisation des situations de formation proposées dans l'environnement virtuel. En complément, des évaluations ont été réalisées sur des versions intermédiaires de l'environnement virtuel d'un triple point de vue informatique, psychologique et ergonomique, afin d'accompagner la conception du démonstrateur final.

## Résultats

Nous avons développé un environnement virtuel simulant un centre de secours militaire : le joueur dirige une équipe de secouristes virtuels auxquels il donne des consignes, via une interface interactive dans un casque de réalité virtuelle. Les personnages virtuels suivent un comportement non-scripté qui leur permet à la fois d'obéir aux ordres du joueur, de prendre des initiatives et de réagir via leurs comportements non verbaux. En complément, 230 descripteurs de la performance des leaders médicaux, dont 30 descripteurs en lien avec les compétences non-techniques, ont été construits et utilisés pour la conception des scénarios ainsi que l'évaluation des

personnes en formation. Enfin, les résultats des études mettent en évidence la nécessité de former les leaders médicaux à la prise en compte des comportements de son subordonné, afin d'améliorer les compétences non techniques en lien avec le leadership et la communication chez les leaders.



## Discussion

Nous souhaitons améliorer la modélisation de la perception de l'environnement par les personnages virtuels pour augmenter le réalisme du comportement des personnages dans la simulation. Ainsi, les éléments d'explication devront s'appuyer non seulement sur les consignes reçues, les actions des autres secouristes et le profil de personnalité, mais aussi sur les éléments perçus ou non dans la simulation. Le projet a également mis en évidence la difficulté de distinguer des compétences techniques de compétences non-techniques, ce qui nécessiterait des études complémentaires pour mieux comprendre l'articulation des dimensions techniques et non-techniques dans la performance des leaders médicaux. Enfin, il serait souhaitable de mettre en place une démarche d'évaluation à plus long terme des usages de ce type d'environnement virtuel de formation, afin d'accompagner leur déploiement dans les situations de formation professionnelle.

### Pour aller plus loin

---  
vincent.boccaro@limsi.fr ; virginie.demulier@limsi.fr ; nicolas.sabouret@limsi.fr

# Comment améliorer la généralisation lexicale chez l'enfant : rôle de la comparaison

## Contexte scientifique

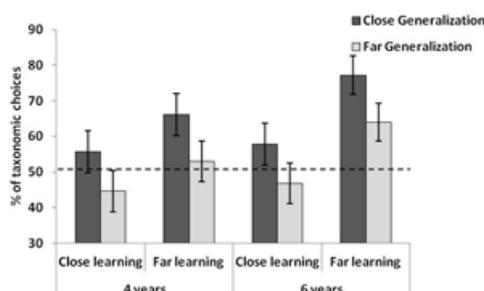
Comment améliorer l'apprentissage de nouveaux mots et leur généralisation par de jeunes enfants ? Dans la plupart des situations d'apprentissage, on part d'un seul exemple (un dessin par exemple) pour illustrer le stimulus dont on veut faire apprendre le nom. Les travaux récents montrent que cette situation n'est pas idéale alors que des situations dites de comparaison de stimuli (deux ou plusieurs stimuli) s'avèrent plus efficaces pour promouvoir cette généralisation.

## Méthode

Nous comparons des situations «avec comparaison» dans lesquelles deux stimuli familiers sont présentés simultanément et reçoivent le même nom (une pomme et une orange, reçoivent le non-mot «daxi») et «sans comparaison» dans lesquelles un seul stimulus est présenté avec son nom. On manipule la distance sémantique entre les items d'apprentissage, proche ou éloignée ainsi que celle entre les items d'apprentissage et ceux du transfert.

1. Phase d'apprentissage lexical de non-mots d'une langue fictive pour des enfants de 4 à 6 ans. Les stimuli sont des images d'objets familiers (e.g., une pomme et/ou une orange).
2. Phase de transfert: on présente un stimulus perceptivement proche mais conceptuellement non-relié (e.g., une boule de Noël) et un stimulus taxonomiquement lié mais différent perceptivement (e.g., une banane) et l'enfant doit désigner celui qui serait aussi un «daxi».

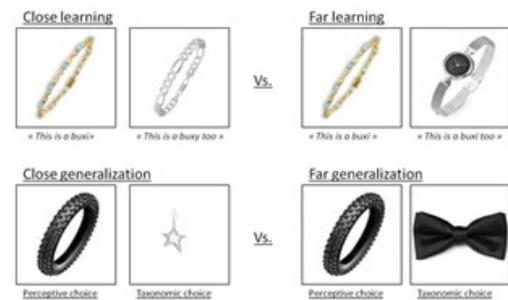
Dans la situation sans comparaison, un seul des deux stimuli d'apprentissage est proposé. Le transfert est identique.



Généralisation à 4 et 6 ans en fonction de la distance conceptuelle à l'apprentissage et au test.

## Résultats

La situation de comparaison donne plus de généralisations taxonomiques (correctes) que la situation sans comparaison (plus de réponses perceptives). Les situations d'apprentissage avec une distance sémantique plus importante (*far induction*) donnent de meilleurs résultats que l'apprentissage proche (*close*) et la généralisation proche est plus simple que la généralisation sémantiquement éloignée.



Stimuli d'apprentissage (au-dessus) et de transfert (en dessous), en fonction de la distance sémantique.

## Discussion

Les résultats montrent que l'exactitude de la généralisation dépend de la distance sémantique entre les items d'apprentissage et ceux du test. Ils montrent aussi que les situations sans comparaison sont moins efficaces que les situations avec comparaison. Dans une expérience ultérieure, les mouvements oculaires ont été enregistrés pendant la tâche et ont montré que les participants explorent d'abord les items d'apprentissage avant les items de transfert qu'ils comparent un à un aux items d'apprentissage. Ceux qui ne suivent pas cette procédure d'exploration ont de moins bons résultats au transfert. Ces résultats sont importants car ils indiquent que des paramètres négligés dans la plupart des ouvrages ou des situations d'apprentissage pour les enfants sont déterminants pour les apprentissages lexico-conceptuels et la généralisation correcte. Par exemple, les situations sans comparaison sont plus utilisées et dans de nombreuses situations d'apprentissage les items sont choisis intuitivement, sans justification.

Pour aller plus loin

---  
[jean-pierre.thibaut@u-bourgogne.fr](mailto:jean-pierre.thibaut@u-bourgogne.fr)

# Mouvements oculaires et analyse visuelle

## Contexte scientifique

Chez l'humain, les yeux sont constamment en mouvement, les mouvements oculaires étant impliqués dans presque toutes les activités humaines. En recherche fondamentale, l'étude des mouvements oculaires à l'aide de la technique d'oculométrie (*eye-tracking*) constitue non seulement une source d'information extrêmement riche pour comprendre les mécanismes de la reconnaissance visuelle (déterminer, par exemple, les zones d'intérêts d'une scène visuelle), mais aussi un outil privilégié pour évaluer de nombreux processus cognitifs.

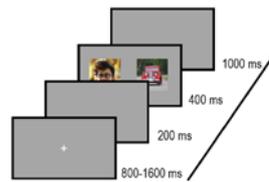
## Méthode

Depuis quelques années nous utilisons en collaboration avec les chercheurs du LPNC (A. Campagne, A. Chauvin, L. Kauffmann, M. Mermillod et C. Peyrin) une tâche de choix saccadique dans laquelle l'œil est utilisé comme «moyen de réponse». Dans ce paradigme initialement proposé par une équipe de recherche toulousaine (S. Thorpe, DR CNRS Cerco), 2 images sont présentées simultanément à droite et à gauche d'une fixation centrale, et le participant doit alors orienter son regard le plus rapidement possible vers l'image cible. Celle-ci est définie par exemple comme l'image contenant un visage, ou l'image contenant un visage exprimant une émotion de peur, ou encore une scène exprimant une émotion. Les saccades peuvent être déclenchées rapidement (moins de 150 ms) alors qu'une réponse manuelle nécessite un temps plus long (environ 300 ms).

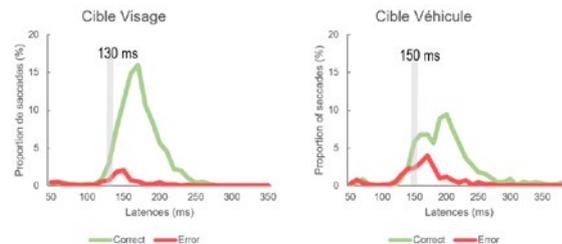
## Résultats

L'utilisation du paradigme de choix saccadique et de l'enregistrement des mouvements oculaires et plus particulièrement de la 1<sup>ère</sup> saccade après l'apparition des 2 images permet d'évaluer un grand nombre de processus tels que les capacités de génération de saccades volontaires extrêmement rapides vers un stimulus-cible, mais également le traitement et l'intégration de l'information visuelle présentée en périphérie, la reconnaissance de stimuli visuels complexes (i.e. visages), ainsi que les capacités de calibration en ligne des trajectoires des saccades. Nous avons montré que les saccades vers une image de visage (relativement aux saccades vers les distracteurs) étaient extrêmement rapides avec des latences

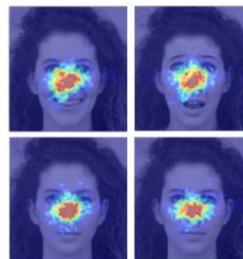
comprises entre 100 à 130 ms. De façon originale, des résultats obtenus très récemment indiquent également que l'amplitude des saccades correctes est plus grande que celle des saccades incorrectes, ce qui suggère une correction en ligne de la trajectoire de la saccade vers les distracteurs. Nous avons également utilisé ce paradigme pour étudier la rapidité de détection des visages émotionnels et plus généralement de scènes émotionnelles.



Paradigme de choix saccadique. Le participant doit orienter son regard le plus rapidement possible vers l'image contenant une cible prédéfinie (ici, un visage).



On montre que 1) les participants sont plus rapides (latences de saccades plus courtes) pour aller regarder le visage que le véhicule, et 2) qu'en 130 ms le taux de saccades correctes est supérieur aux taux de saccades erreur (cette latence minimum est extrêmement courte)



Choix saccadique pour l'étude de la rapidité de détection des visages émotionnels. On montre que lorsque les participants doivent orienter leur regard vers le visage émotionnel 1/ ils sont plus rapides et 2/ ils dirigent leurs saccades vers le bas du visage.

## Discussion

Le paradigme de choix saccadique qui utilise la saccade comme réponse comportementale est facile à mettre en œuvre et permet d'étudier avec une grande fiabilité la rapidité de traitement de l'information visuelle et l'attractivité de l'information visuelle.

Pour aller plus loin

---  
nathalie.guyader@gipsa-lab.fr

# Caractérisation et monitoring du stress humain, de la situation contrôlée à l'ambulatoire

## Contexte scientifique

Les activités physiologiques périphériques constituent des marqueurs d'intérêt pour le monitoring du stress psychologique en situation naturelle. Néanmoins, malgré le savoir-faire croissant en informatique affective, les résultats des algorithmes de détection du stress basés sur les mesures physiologiques restent insatisfaisants sur le terrain. L'objectif principal de ce travail de recherche réalisé en collaboration entre 3 laboratoires (LPNC, Leti-CEA, GIPSA-lab) consiste à identifier un index fiable de caractéristiques physiologiques qui soit sensible et spécifique du stress, à l'échelle multi-sujet, et tenant compte des différentes situations de stress de la vie courante et des spécificités des mesures ambulatoires, pour un développement algorithmique de modèles d'évaluation du stress relativement robustes, indépendamment du contexte dans lequel le stress est rencontré.

## Méthode

Pour répondre à cet objectif, étant donné que les mesures en situation réelle ne permettent pas de fournir une vérité fiable sur les niveaux de stress psychologique, un premier cadre théorique a été développé et validé empiriquement sur la base d'une première campagne expérimentale multitâche réalisée dans un environnement standardisé et ayant pour but de dissocier les caractéristiques physiologiques périphériques les plus sensibles à différents types de stress («Pressure» et «Constraint») de celles davantage liées aux facteurs confondants du contexte (activité cognitive requise par la tâche - Activity - et variations de l'état physiologique de base de l'individu - Background). Différents types de stress (social, temporel, cognitif, physique) et tâches contrôlées ont été considérés et les travaux se basent sur des enregistrements multimodaux cardiaques, respiratoires et électrodermaux.

## Résultats

La plupart des caractéristiques physiologiques couramment considérées dans la détection du stress n'ont pas permis, à l'échelle multi-sujet, de distinguer l'état physiologique de stress de celui lié à l'activité cognitive requise par la même tâche sans stress. Un certain nombre de caractéristiques physiologiques montrent également une dépendance à la tâche réalisée. Toutefois, nos travaux ont permis de mettre en évidence certaines caractéristiques physiologiques plus spécifiques du stress telles que la moyenne et l'écart-type de la fréquence cardiaque, le carré de la racine moyenne des différences successives du rythme cardiaque ou encore la mesure d'auto-corrélation du signal respiratoire comprises entre 100 à 130 ms. De façon originale, des résultats obtenus très récemment indiquent également que l'amplitude des saccades correctes est plus grande que celle des saccades incorrectes, ce qui suggère une correction en ligne de la trajectoire de la saccade vers les distracteurs. Nous avons également utilisé ce paradigme pour étudier la rapidité de détection des visages émotionnels et plus généralement de scènes émotionnelles.

	Score	Pressure	Constraint	Task	Activity	Background
Standard deviation of the heart rate	0.75	0.75*	0.72*	0.66*	0.32*	-0.46*
Mean of the heart rate	0.72	0.72*	0.71*	0.65*	0.66*	0.13
Autocorrelation of the respiration signal	0.71	0.65*	0.76*	0.61*	0.42*	0.21
Root mean square of the successive differences in heart rate	0.51	0.51*	0.51*	0.74*	0.30	-0.18
Standard deviation of the respiration signal	0.42	0.46*	0.36	0.61*	0.80*	-0.21
Root means square of the 1 <sup>st</sup> derivative of the slow component in skin conductance signal	0.40	0.46*	0.34*	0.77*	0.46*	-0.35*

Stress-Sensitive Features and their Effect Size for Each Estimator (\*p<.05)

## Discussion

Bien que ces résultats soient encourageants, l'identification de nouvelles caractéristiques physiologiques en tant que manifestations du stress indépendantes du contexte reste nécessaire pour un modèle d'estimation du stress fiable. Ceci est d'autant plus vrai en situations réelles de stress de la vie courante, avec les spécificités des mesures ambulatoires. Ceci fait l'objet d'une deuxième campagne expérimentale en cours.

Pour aller plus loin

---

Vila et al. (2019). *Biomedical physics & Engineering Express*, 5(5), 055007  
[aurelie.campagne@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:aurelie.campagne@univ-grenoble-alpes.fr)

# Analyse de la représentation mentale MERIA

## Contexte scientifique

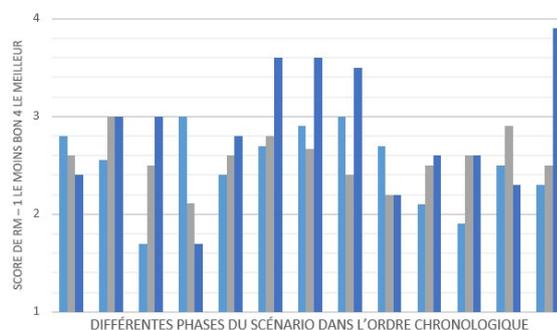
Une évolution continue des interfaces humain-système (IHS) est nécessaire pour maintenir les opérateurs dans une situation optimale. C'est particulièrement vrai lorsque leur tâche consiste principalement à prendre des décisions. Déterminer les représentations mentales des opérateurs constitue un élément clé de la prise de décision. En considérant la performance sous l'angle de la prise de décision optimale, nous avons créé une méthodologie spécifique axée sur la représentation mentale (RM) des opérateurs appelée MERIA (Mental Representation Impact Analysis).

## Méthode

Nous avons entrepris plusieurs études afin de caractériser les modèles mentaux mobilisés par des pilotes d'Airbus A320 lors de processus de prise de décision. Jusqu'à présent, il n'existait pas de méthode permettant l'analyse de la représentation mentale et son évolution dans le temps. A cet effet, nous avons conçu une nouvelle méthodologie et un outil de collecte et d'analyse des données. La méthode proposée permet notamment de prendre en compte la nécessité d'un alignement entre les modèles mentaux des opérateurs et les données du système affiché. L'outil MERIA a pour objectif de comparer les RM prescrites et réelles des opérateurs. Elle s'appuie sur un scénario spécifique permettant de connaître l'évolution de la RM de l'opérateur. L'opérateur est filmé et observé en direct par deux experts, qui, par la suite, le soumettent à un entretien d'auto-confrontation enregistré. Les résultats de cet entretien sont reportés par chacun des deux experts dans une grille d'analyse qui permet de déterminer et de formaliser l'évolution de l'écart entre la RM prescrite et réalisée au cours du scénario. Cette méthode permet de comparer différents types d'interfaces et donne aussi accès à l'étude de l'évolution des RM d'un opérateur dans le cadre de l'utilisation d'un système nouveau, comme par exemple lors d'une action de formation.

## Résultats

L'approche MERIA permet d'interroger la RM des opérateurs, d'identifier les écarts entre la RM observée et la RM prescrite, mais aussi les écarts entre l'image mentale attendue par l'opérateur et celle produite par l'IHS. Ainsi, il est possible d'identifier les lacunes de la RM et d'en identifier les origines (souvent en termes d'IHMS). La méthode est particulièrement bien adaptée aux besoins de prototypage rapide de nouvelles interfaces.



Analyse comparative de la RM (de 1 à 4) des pilotes sur trois cockpits différents (Bleu clair, Gris, Bleu foncé) par rapport à différentes phases d'un scénario (en abscisse). RM moyenne par phase, 10 pilotes par type de cockpit.

## Discussion

La méthode MERIA offre une vision complète des différents points de vue de l'activité pour un opérateur en action dans un environnement dynamique complexe. Cet outil est destiné aux experts du domaine, tant pour la lecture des analyses que pour leur application. Il est synthétique et utilise un vocabulaire très technique. La vulgarisation de ses termes le rendrait plus accessible aux non-experts, mais cela compliquerait la modélisation et réduirait son caractère synthétique. Le coût d'application de cette méthode est non négligeable, même pour un expert. La véritable complexité de la méthode vient de l'aspect chronophage des observations, des entretiens et de leur traitement, d'autant plus que l'analyse nécessite l'implication d'au moins deux experts.

### Pour aller plus loin

Letouzé T., Créno L., Diaz-Pineda J., Dormoy C. A., Hourlier S. et André J. M. (2020). *Mental Representation Impact Analysis (MERIA), a method for analyzing mental representations for the design of HMI. A case study in aeronautics*. Le travail humain, 83(1), 61-89. Travaux réalisés dans le cadre du programme Future Sky Safety - Horizon 2020 de l'Union Européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 640597.

# Effets bénéfiques de l'action sur le traitement du temps chez l'enfant

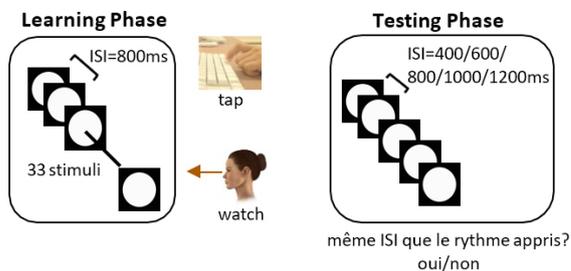
## Contexte scientifique

Les régions cérébrales motrices (par ex. les ganglions de la base ou l'Aire Motrice Supplémentaire) sont recrutées pendant le traitement de la durée, même en l'absence du mouvement.

La performance des adultes sur les tâches de discrimination perceptuelle de la durée s'améliore si les durées à discriminer sont apprises par des mouvements rythmiques (tapotements synchrones). Les avantages temporels de l'action pourraient être particulièrement utiles pour les enfants dont les estimations du temps sont très variables.

## Méthode

Les adultes et les enfants (5 ou 8 ans) ont appris la durée d'un intervalle (ISI) rythmique avec ou sans action simultanée.



Pendant l'apprentissage, les participants ont soit tapé dans le temps à un rythme visuel («tap»), soit simplement observé le rythme sur l'écran («watch»).

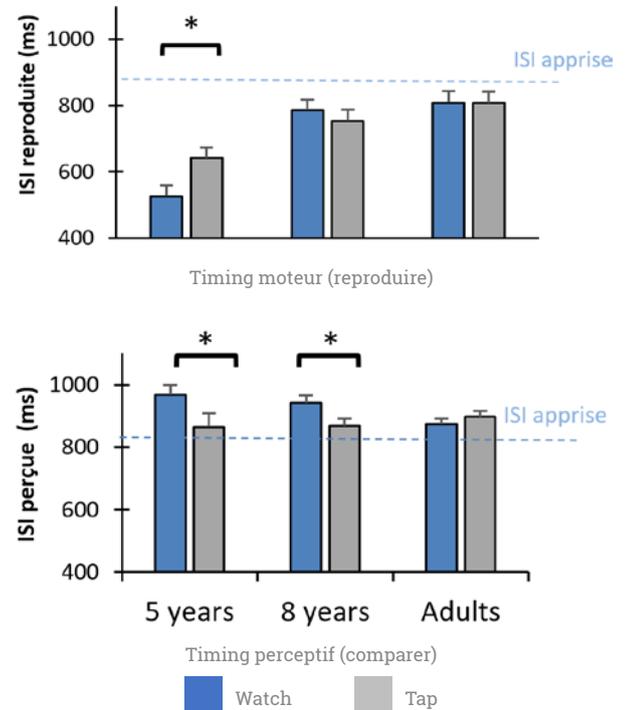
Pendant la phase test, nous avons mesuré la performance sur les tâches de timing moteur (reproduire le rythme appris) ou de timing perceptif (comparer au rythme appris).

## Résultats

L'action synchronisée («tap») pendant l'apprentissage a aidé les enfants à construire une représentation plus précise de la durée.

Les effets bénéfiques de l'action sur la performance temporelle étaient plus importants chez les jeunes enfants que chez les adultes.

La précision de la performance temporelle était corrélée avec les différences inter-individuelles de capacité motrice et de mémoire pendant la condition «watch» mais pas dans la condition «tap».



## Discussion

- L'action aide les enfants à construire une représentation indépendante et flexible de la durée, indépendamment de la capacité cognitive des enfants
- L'action contribue à alléger la charge cognitive de l'apprentissage du temps

### Pour aller plus loin

---

Ce travail est le résultat d'une collaboration entre Aix-Marseille Université et Université Clermont Auvergne.

Contact : jennifer.coull@univ-amu.fr  
sylvie.droit-volet@uca.fr et florie.monier@uca.fr

Monier F, Droit-Volet S, Coull JT (2019) *The beneficial effect of synchronized action on motor and perceptual timing in children*. Dev Sci: e12821

# Cognition collective



Étudier l'ensemble des interactions naturelles et artificielles dans différents contextes (émotionnels, culturels...) 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).

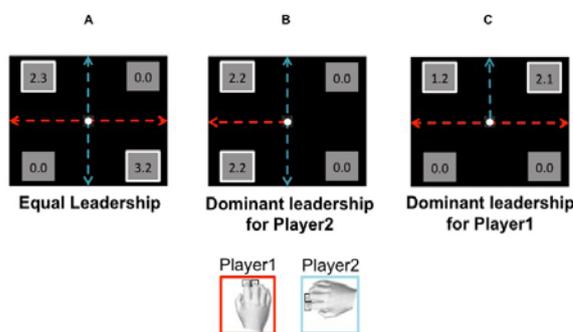
# Le sentiment d'agir dans l'action conjointe

## Contexte scientifique

Ce projet de recherche, financé par une ANR PRC, porte sur les soubassements cognitifs de l'agir collectif. Il vise à caractériser le sentiment d'«agir ensemble» dans l'action conjointe, et à examiner la manière dont les processus de coordination de haut niveau (coopération stratégique) et de bas niveau (coordination motrice) s'articulent pour contribuer au développement du sentiment d'agir collectif.

## Méthode

Nous avons fait l'hypothèse que le sentiment d'agir collectif requiert au moins deux «capacités» : la capacité à coordonner ses mouvements avec autrui (coordination motrice), et la capacité à coordonner ses intérêts avec les intérêts de son partenaire (coordination stratégique, ou coopération). Pour répondre à cette question, nous avons conçu une série de protocoles comportementaux inspirés des travaux sur le contrôle de l'action en neurosciences cognitives et du formalisme de la Théorie des Jeux en économie expérimentale, dans lesquels nous manipulons ces deux types de coordination (motrice et stratégique), de manière à quantifier précisément leurs contributions respectives au sentiment d'agir ensemble des participants.



Protocole expérimental : chaque participant contrôle les mouvements d'un curseur sur un axe seulement (vertical ou horizontal). L'objectif de la tâche consiste à atteindre l'un des carrés-cibles. Au centre de chaque cible, des valeurs correspondent aux gains que peut obtenir chaque participant. Les exigences de coordination stratégique sont manipulées en faisant varier les gains relatifs au sein de chaque cible. Les exigences de coordination motrice sont manipulées en faisant varier l'importance d'un axe sur l'autre.

## Résultats

Nous observons que les sentiments d'agir individuel et collectif sont sensibles à des caractéristiques expérimentales différentes. Le sentiment d'agir individuel corrèle avec la performance et la «pivotalité» des agents individuels (qui mesure le caractère indispensable de la contribution individuelle à l'action conjointe), tandis que le sentiment d'agir collectif n'est pas sensible à la pivotalité des individus mais dépend de la distribution des bénéfices de l'action conjointe entre agents. Le sentiment d'agir collectif est le plus élevé lorsque les bénéfices sont distribués selon la contribution respective des agents au bénéfice de l'interaction (distribution «équitable»).

## Discussion

L'importance primordiale des indices stratégiques pour le sentiment d'agir collectif reflète la présence d'une représentation partagée des intérêts entre les agents de l'interaction. L'émergence de cette représentation partagée rend l'expérience de l'«agir ensemble» particulièrement sensible à la manière dont les bénéfices de l'interaction sont distribués entre les partenaires.

### Pour aller plus loin

---  
 Le Bars S., Devaux A., Nevidal T., Chambon V.\* et Pacherie E.\* (2019). *Agents' pivotality and reward fairness modulate sense of agency in cooperative joint action.* \*co-senior authors. *Cognition*, 195, 104117.

# Faire environnement avec des dispositifs d'objets communicants

## Contexte scientifique

Suricats Consulting est une agence de conseil en transformation numérique qui souhaite en particulier développer ses activités dans le domaine du «Phygital». Le groupe Reflective Interaction d'EnsadLab développe des recherches couplant design d'interaction et sciences cognitives sur le comportement des objets, c'est à dire la façon dont les mouvements d'objets robotisés peuvent être perçus comme des comportements. Couplant cette approche avec celle de l'IoT, une collaboration a pu être mise en place entre ce laboratoire et cette entreprise avec la thèse Cifre d'Olivain Porry intitulée *Un régime artistique et esthétique des communications entre machines. Faire environnement avec des dispositifs d'objets communicants*.

## Méthode

Basée sur la pratique, cette recherche, qui intègre la réalisation de prototypes qui sont aussi des œuvres, a donné lieu à la production d'essaims de robots servant à expérimenter et illustrer des modalités d'expression collective et permettant de tester des protocoles d'interaction entre un utilisateur et un collectif d'objets connectés en réseau.

Cette recherche conjointe, dont une phase a été développée avec le laboratoire CHArt dans le cadre d'un projet (ICOC, soutenu par l'Institut Cognition), met en avant le design de comportement pour visualiser des échanges entre des objets connectés. Du point de vue des sciences cognitives, nous nous donnons l'objectif de proposer une modélisation de l'interprétation de l'action collective, ainsi que de nouveaux modes de communication avec des objets en réseau, en prenant particulièrement en compte la dimension esthétique et émotionnelle.

## Résultats

Ces expérimentations des modalités par lesquelles un spectateur accède à la dimension collective d'une œuvre permettent de poser les jalons d'une science de l'interprétation du comportement collectif à partir d'une ontologie des comportements des objets connectés en répertoriant un ensemble de verbes d'action et en les catégorisant selon des classes capables de définir les segments de l'organisation

comportementale d'objets dotés de comportements. Cette recherche aboutit également à la réalisation de plusieurs projets de robots en essaim qui servent de support à des études sur les qualités perçues du mouvement collectif.



Collectif d'objets déplacés par vibration et contrôlés par commandes envoyées à un leader



Installation «Enlightenment» (2020), réalisée par Olivain Porry (EnsadLab) pour expérimenter un collectif de modules lumineux

## Discussion

On peut s'attendre à ce que les objets connectés interagissent, voire collaborent, de plus en plus entre eux, il faut anticiper la manière dont cette collaboration pourra être surveillée, supervisée, contrôlée et, pour cela, modélisée et simulée. L'étude de la relation entre le comportement des objets connectés et l'interprétation de ce comportement nous permet d'envisager un dispositif de commande naturel à partir des expressions verbales et, plus précisément, à partir de l'expression de l'action avec l'utilisation des verbes d'action, et finalement dans un troisième temps de pouvoir gérer les interactions Humain(s)-Objets Connectés.

# Communication Augmentée Alternative (CAA) pour les enfants avec un trouble complexe de la communication



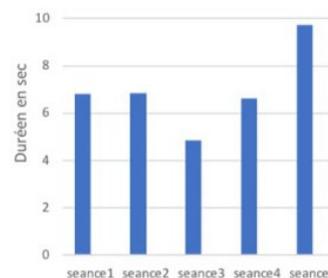
## Contexte scientifique

Les méthodes de communication utilisant des pictogrammes accessibles via du pointage manuel ou oculaire avec synthèse vocale deviennent incontournables pour soutenir le développement communicatif et langagier des enfants qui ne peuvent ni parler, ni gestualiser et dont les difficultés cognitives limitent le développement langagier. Ces méthodes sont pourtant encore sous-utilisées avec ce type de population. Comment faciliter l'accès aux outils de CAA à cette population pour soutenir le développement cognitif et langagier des individus ?

et devra être évaluée. Par ailleurs, l'analyse des interactions mère-enfant suggère l'importance des enregistrements vidéo pour révéler les comportements communicatifs de l'enfant ainsi que le rôle de la tablette et de la caméra dans ces interactions. Enfin, environ 50 participants, essentiellement des parents et des professionnels de la prise en soin ont participé à la journée du 12/02 ce qui a notamment permis le développement de contacts avec différents instituts de prise en soin.



Exemple de grille de communication sur AugCom



Durée des regards de l'enfant vers la tablette au cours des 5 séances d'interactions avec sa maman

37

## Méthode

Le sous-usage de la CAA avec cette population est lié au moins à 3 facteurs : 1) le manque d'outils libres avec un vocabulaire adapté à la culture française et dont l'usage ne requiert pas une formation ni une adaptation trop drastique du quotidien ; 2) le manque d'analyse empirique objective de l'effet de l'outil sur la communication de l'enfant ; 3) un certain nombre de croyances qui perdurent chez les professionnels et parents surtout du fait d'un manque d'accès à la connaissance. Nous avons travaillé sur ces 3 types de limites en parallèle avec dans le cadre de ce projet, un travail axé sur (a) le développement d'un logiciel libre accessible en ligne pour la conception des grilles de communication utilisant la technologie Angular et intégrant les connaissances issues des sciences du langage; (b) l'analyse multimodale des interactions filmées sur 5 séances entre une enfant de 5 ans et sa maman lors de l'usage d'une grille de communication simplifiée sur le logiciel utilisé par la famille (Proloquo2go®) ; (c) L'organisation d'une journée de conférences gratuite à la Maison de la Création et de l'Innovation de Grenoble (MACI, UGA) le 12/02/2020.

## Résultats

Une version du logiciel AugCom accessible en ligne a été développée (<http://lig-augcom.imag.fr/stable/#/keyboard>, <https://github.com/schwabdidier/AugCom>)

## Discussion

L'objectif de ce travail transversal a été de poser les bases d'un projet collaboratif multi-dimensionnel entre le LIG et le GIPSA. L'enjeu est de concevoir des grilles de communication adaptées à la population ciblée qui pourront être implémentées dans AugCom et évaluées via l'analyse d'un usage en contexte.

### Pour aller plus loin

---  
[amelie.rochet-capellan@grenoble-inp.fr](mailto:amelie.rochet-capellan@grenoble-inp.fr)  
[didier.schwab@imag.fr](mailto:didier.schwab@imag.fr)  
[marion.dohen@grenoble-inp.fr](mailto:marion.dohen@grenoble-inp.fr)

# Modèle ACDC «Analysis of Communication in Dyad Cooperation»

## Contexte scientifique

Nous nous intéressons aux situations de cognition collective (KX) et plus particulièrement en coopération en dyade. L'objectif est de caractériser les échanges communicationnels au sein d'une dyade afin de pouvoir proposer une représentation graphique des dynamiques temporelles de ces échanges et donc de déterminer les rôles sociaux des individus. L'idée est de formaliser et valider un modèle d'analyse intitulé modèle ACDC.

## Méthode

Plusieurs étapes ont été nécessaires :

- Élaboration de notre modèle d'analyse ACDC intégrant les modèles théoriques classiques (Bales, Searle, Vernant, etc.)
- Validation de notre typologie utilisée dans notre modèle (focus group et tri de cartes)
- Expérimentation : constitution d'un corpus de données dyades sur une tâche de téttris coopératif
- Application de notre modèle au corpus constitué
- Validation Inter-juges (via Kappa-Copen)
- Formalisation définition de notre modèle d'analyse ACDC

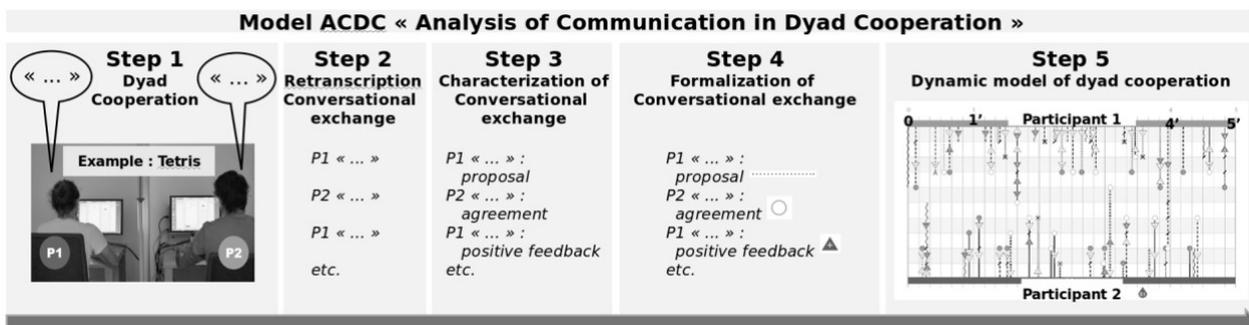
## Résultats

Notre démarche méthodologique a permis d'apporter la validation de notre modèle. Ainsi, la formalisation de notre modèle d'analyse repose sur 2 points importants :

1. Déterminer une typologie permettant de caractériser la nature des échanges conversationnels.
2. Proposer une représentation graphique permettant d'illustrer ces échanges mais aussi la dynamique temporelle.

## Discussion

Notre modèle a été appliqué à une situation de coopération en dyade, dans un contexte contrôlé. Les perspectives sont multiples : tâche collaborative, appliquée à des situations plus écologiques, visant à caractériser les échanges de plus de 2 personnes, puis à automatiser les étapes de représentation graphique.



Pour aller plus loin

---  
Équipe CIH : Jean-Marc André, véronique Lespinet-Najib, Théodore Letouzé et Delphine Graeff

# Influence des stéréotypes de genre lors des concours pour la promotion des chercheurs et chercheuses

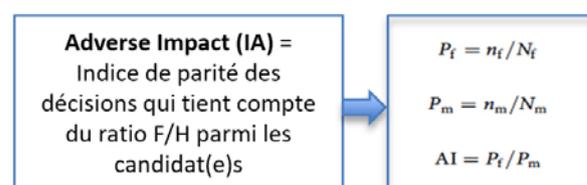
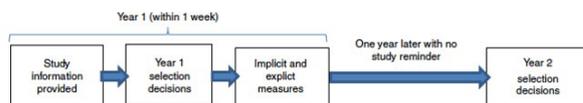
## Contexte scientifique

Les femmes restent sous-représentées dans la recherche scientifique : au CNRS, toutes disciplines confondues, le pourcentage moyen de chercheuses est de 35% et de 29% pour les directrices de recherche. La discrimination de genre contribue-t-elle à expliquer cette sous-représentation ? L'objectif de cette étude était d'examiner si les biais implicites de genre ont un impact sur les décisions prises au plus haut niveau de la promotion des chercheurs : celles prises par les sections du Comité National de la Recherche Scientifique (CoNRS) pour l'accès au corps des directeurs et directrices de recherche.

39

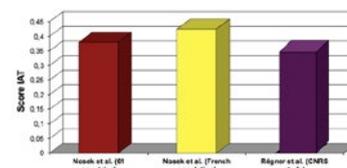
## Méthode

Les 40 sections du CoNRS ont été suivies pendant 2 ans. La 1<sup>ère</sup> année, les évaluateurs/trices ont passé le test des associations implicites qui mesure les stéréotypes ancrés en mémoire sémantique sous la forme d'associations automatiques. Un questionnaire les interrogeait également sur les possibles explications de la sous-représentation des femmes en science et sur l'existence ou non de discriminations de genre. La 2<sup>ème</sup> année, rien n'a été demandé aux évaluateurs/trices qui n'avaient donc pas le sentiment de participer à une étude. Le nombre d'hommes et de femmes candidats puis sélectionnés admissibles par les sections du CoNRS était disponible pour les deux années.

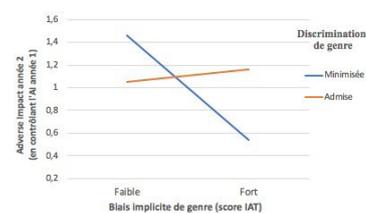


## Résultats

De la physique des particules aux sciences sociales, les scientifiques, hommes et femmes, associent automatiquement pour la plupart «science» et «masculin» (plutôt que «science» et «féminin»). Dans les sections qui minimisent la discrimination envers les femmes (1 section sur 2), plus les stéréotypes implicites des évaluateurs/trices sont forts et moins les femmes sont promues. Cette influence n'existe pas dans les sections qui admettent une possible discrimination.



Comparaison du score IAT obtenu dans la présente étude (en violet) et celle de Nosek et al. (2009, PNAS) réalisée auprès de 61 pays.



Décisions de promotions (année 2) en fonction du biais implicite de genre et de la croyance en une discrimination de genre, tout en contrôlant les décisions de sélections prises l'année précédente

## Discussion

Cette étude indique pour la première fois l'existence de biais implicites de genre chez les chercheurs et chercheuses de toutes disciplines, susceptibles de nuire aux carrières des femmes scientifiques. Il est nécessaire de proposer des formations qui permettent 1) de faire prendre conscience de l'existence de ces biais stéréotypés, 2) d'expliquer comment ces biais fonctionnent et quelles en sont les conséquences, et 3) de proposer des stratégies pour mieux contrôler ces biais et ainsi en réduire l'impact.

### Pour aller plus loin

---  
Régner I., Thinus-Blanc C., Netter A., Schmader T. et Hugué, P. (2019). *Committees with implicit biases promote fewer women when they do not believe gender bias exists*. *Nature Human Behaviour*, 3, 1171–1179. doi: 10.1038/s41562-019-0686-3

# Développement de l'alignement moteur interpersonnel automatique

## Contexte scientifique

L'alignement moteur interpersonnel désigne l'ajustement de notre comportement moteur à celui des autres. Des études menées auprès d'adultes montrent qu'il est souvent inconscient et omniprésent dans la vie sociale quotidienne, qu'il repose sur des mécanismes de résonance motrice et constitue un élément de base pour une meilleure cognition sociale, et qu'il favorise la cohésion des groupes et les effets sociaux positifs. Comment l'alignement moteur se construit dans l'ontogénèse, en particulier après la petite enfance, est rarement discuté.

## Méthode

Nous avons procédé à un examen systématique de quatre principaux cas d'alignement de la motricité interpersonnelle :

- Synchronie (y compris la synchronie cerveau-cerveau) : l'appariement temporel des comportements de deux agents.
- Mimétisme : correspondance des comportements de deux agents avec un léger retard temporel (3 à 6 secondes)
- Imitation automatique : paradigme de compatibilité stimulus-réponse dans le domaine moteur, mesure de l'imitation
- Activation automatique des circuits moteurs cérébraux pendant l'observation de l'action

Nous avons identifié des études empiriques mesurant ces phénomènes à partir du comportement ou de l'activité cérébrale, chez des bébés, enfants ou adolescents.

	Synch	Mim	Im Aut	ObsAct	Total
Nourrissons	8	9	4	11	32
Enfants	11	4	10	24	49
Adolescents	3	1	2	6	12

L'alignement moteur interpersonnel est présent très tôt

Déficit d'investigation chez les adolescents

Résonance motrice identifiée très tôt au niveau du cerveau. La modulation continue de mûrir durant l'enfance et l'adolescence

Nombre d'études identifiées pour les nourrissons (<3y), Enfants (3-11y) et Adolescents (11-19 y) ; Synch= Synchronie, Mim = Mimétisme, Im Aut = Imitation Automatique, ObsAct = Action Observation d'Action

## Résultats

- L'alignement moteur interpersonnel automatique est présent dans toutes ses formes dans tous les groupes d'âge.
- Il dépend plus de facteurs sociaux et du contexte que des capacités motrices.
- Il est associé à des comportements sociaux positifs (coopération, aide, partage).
- L'absence d'interaction coordonnée dès la naissance est liée à des difficultés émotionnelles et sociales persistantes.
- Il existe une lacune dans la documentation sur l'alignement moteur interactif chez les adolescents.

## Discussion

- Un alignement interpersonnel fiable des comportements moteurs tout au long du développement peut renforcer les liens entre les régions du cerveau liées à la cognition sociale, à l'observation de l'action et aux émotions. Par ce biais, il pourrait avoir des effets à long terme pour améliorer la résilience émotionnelle et les comportements prosociaux.
- L'adolescence, caractérisée par des facteurs de stress sociaux élevés et la dépendance aux pairs, est une période clé au cours de laquelle l'alignement moteur et ses effets positifs devraient être étudiés.
- Des programmes d'alignement des moteurs sociaux pourraient être mis en place en ligne.

### Pour aller plus loin

Birgit.rauchbauer@univ-amu.fr  
marie-helene.grosbras@univ-amu.fr

*Developmental trajectory of interpersonal motor alignment: positive social effects and link to social cognition. In revision for Neuroscience and Biobehavioral Reviews*



# Cognition et langage



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).

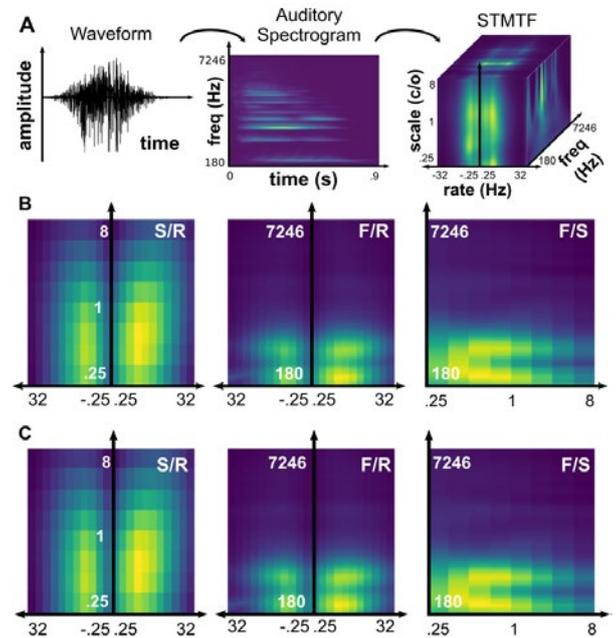
# Détecter la somnolence par la voix

## Contexte scientifique

Le manque de sommeil affecte considérablement de nombreux aspects du comportement humain. La détection précoce de la somnolence est donc un défi majeur, pour des raisons de santé et de sécurité. Ici, nous avons étudié l'effet du manque de sommeil sur les propriétés acoustiques de la parole humaine.

## Méthode

Vingt-quatre participants ont été privés de sommeil pendant deux jours (deux nuits successives avec seulement 3 heures de sommeil). Ils ont été enregistrés en train de lire un court texte à haute voix avant et après la privation de sommeil. Un modèle auditif, basé sur des modulations spectro-temporelles, a été utilisé pour analyser les propriétés acoustiques de leur discours. Ce modèle a servi d'entrée à des classificateurs d'apprentissage machine.



Analyse acoustique de la parole après déprivation de sommeil à l'aide d'un modèle auditif.

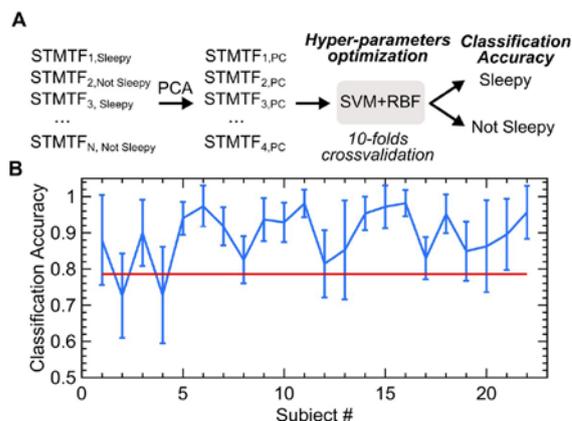
43

## Résultats

Les résultats ont montré que la somnolence pouvait être détectée avec précision grâce à des classificateurs entraînés individuellement. Comme nous nous sommes appuyés sur un modèle inspiré de l'audition, nous avons de plus pu sonder le classificateur pour identifier et interpréter les caractéristiques acoustiques affectées par la privation de sommeil.

## Discussion

En plus de proposer un algorithme pratique d'apprentissage machine pour détecter le manque de sommeil, notre méthode de sondage du classificateur combinée à des considérations sur la production de la voix pourrait aider à découvrir l'impact physiologique du manque de sommeil au niveau de chaque individu.



Aperçu de la structure du classificateur de somnolence et scores de précision individuels.

### Pour aller plus loin

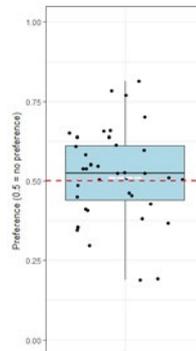
---  
Daniel Pressnitzer, LSP et ENS  
daniel.pressnitzer@ens.fr  
Damien Léger, Sorbonne Paris Cité, APHP, Hôtel Dieu; Thomas Andrillon, Monash U., Australie, Étienne Thoret, LSP & Aix Marseille U.

# Est-ce que les bébés préfèrent la parole adressée aux bébés ou aux adultes ?

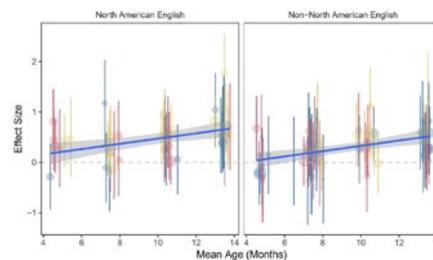


## Contexte scientifique

L'étude menée dans notre BabyLab au printemps 2018 a regroupé 68 BabyLabs dans le monde. Elle portait sur un phénomène déjà bien connu à savoir que les bébés préfèrent la parole adressée à des bébés (ou «baby talk», ou «mamanais» en français) à la parole adressée aux adultes. La parole adressée aux bébés peut être caractérisée par une fréquence plus haute de la voix, des modulations plus importantes et un rythme plus lent. L'objectif du projet était de voir si les résultats des différents laboratoires allaient concorder et également de poser quelques questions comme : est-ce que les résultats vont changer avec l'âge du bébé ou avec l'exposition à une ou plusieurs langues ?



Chaque point représente la moyenne de chaque bébé (résultats anonymisés). Quand le point apparaît au-dessus de la ligne rouge, c'est que le bébé a préféré la parole adressée au bébé alors que quand le point apparaît en-dessous, c'est parce que ce bébé particulier a préféré la parole adressée à un adulte. On observe plus de points au-dessus de la ligne qu'en-dessous, ce qui suggère que la plupart des bébés ont préféré regarder l'écran quand ils ont entendu la parole adressée au bébé.



Résultats obtenus pour les bébés natifs de l'anglais américain et pour les bébés non natifs. La préférence pour la parole adressée au bébé augmente mois après mois, quelle que soit la langue maternelle ; on constate que les résultats sont un peu plus élevés pour les bébés natifs que pour les bébés non natifs.

## Méthode

Les bébés qui ont participé à cette étude étaient assis dans une petite cabine sur les genoux d'un de leurs parents. Leur attention était attirée vers des formes géométriques qui apparaissaient sur un écran en face d'eux. Si le bébé regardait l'écran, cela déclenchait l'écoute de la voix d'une dame parlant anglais avec un accent nord-américain. En alternance, la voix de la dame s'adressait à un bébé ou à un adulte. Si le bébé n'était pas intéressé et ne regardait pas l'écran, la voix s'arrêtait. Grâce à un oculomètre (caméra qui permet de savoir où le bébé regarde), nous avons pu calculer le temps pendant lequel les bébés ont regardé l'écran donc leur temps d'intérêt pour ce qu'ils ont entendu.

## Résultats

Comme de nombreuses études publiées avant nous, dans notre «modeste» échantillon de 41 bébés, nous avons également pu montrer une préférence pour la parole adressée au bébé plutôt que pour la parole adressée à l'adulte. Cette différence est en moyenne inférieure à une seconde mais elle est robuste. Cela signifie que même si peu de bébés de notre BabyLab avaient été exposés à l'anglais nord-américain auparavant, ils ont quand même pu faire la différence entre les deux types de parole et ont préféré la parole dirigée vers le bébé. Il est intéressant de constater que cet effet semble plus important pour les bébés monolingues que pour les bébés bilingues, même si cette différence n'est pas significative.

## Discussion

Les résultats des 68 laboratoires dans le monde montrent que la préférence pour la parole adressée au bébé augmente avec l'âge : même les bébés de quatre mois préfèrent cette parole, et cette tendance se renforce au moins jusqu'à l'âge de 15 mois (nos nourrissons les plus âgés de l'échantillon). Nous avons également constaté que les bébés nord-américains (qui ont écouté la parole adressée au bébé dans une langue et un accent qu'ils connaissent bien) et les bébés non nord-américains (comme nos bébés français) ont préféré écouter la parole adressée au bébé (par rapport à la parole adressée à l'adulte) mais cette préférence a été plus forte chez les bébés nord-américains. L'augmentation de la préférence avec l'âge et celle de la préférence des bébés nord-américains suggèrent que la familiarité engendre la préférence.

### Pour aller plus loin

---  
ManyBabies Consortium (2020). *Quantifying sources of variability in infancy research using the infant-directed speech preference*. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 3, 24-52.

# La nature des objets influence les stratégies de résolution de problème

## Contexte scientifique

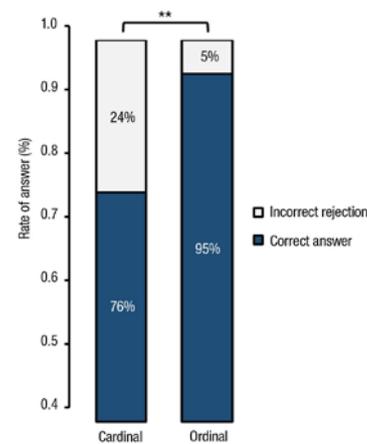
Que l'on compte des billes, des pommes, des minutes ou des étages, les procédures d'addition, de soustraction mises en œuvre en résolution de problème devraient être identiques. Nos études suggèrent que ce n'est pas le cas, que les experts mathématiciens eux-mêmes sont sensibles à la nature des objets lorsqu'ils choisissent une procédure de résolution. Ces biais peuvent les empêcher de voir qu'un calcul comme  $12 - 2$  est la solution d'un problème des plus simples. Étonnant !

## Méthode

Construction d'énoncés avec deux types de quantités, celles que les individus y compris les adultes représentent spontanément sous la forme de sous-ensembles à combiner (e.g., trouver le total des billes de Paul, Jacques et Pierre, ou les comparer repose sur la combinaison des sous-ensembles) et celles que les adultes représentent spontanément comme des quantités continues, sous la forme d'axes, comme le temps. Ceci établi, on crée des énoncés dont les données permettent la résolution soit d'une manière congruente avec la représentation spontanée des sujets, soit d'une autre manière, non-préférée par les sujets (non-congruente). On peut alors vérifier que les participants ne les résolvent pas de la même manière.

## Résultats

De manière surprenante, les mathématiciens experts (mais aussi des adultes cultivés non-mathématiciens) refusent des solutions proposées correctes et très simples. Conformément aux hypothèses, ils le font plus souvent lorsque ces solutions ne correspondent pas à leur stratégie de résolution préférée a priori.



Pourcentage de rejets corrects et incorrects, par les experts en fonction du type de problème, congruent ou non-congruent.

## Discussion

Nos résultats montrent que, contrairement à ce que nous dictent à la fois l'intuition et les mathématiques, les opérations arithmétiques élémentaires utilisées par des experts dépendent de la nature des objets, de nos connaissances non-mathématiques sur ces objets, sur lesquels elles doivent opérer, association qui n'a aucun sens mathématique. Ils montrent aussi que des mathématiciens professionnels sont influencés par des associations anciennes et, sans doute, installées par l'école.

Pour aller plus loin

---

Jean-Pierre.Thibaut@u-bourgogne.fr

<https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-019-01628-3>

# Technologies vocales : intégrer des connaissances sur le développement et le contrôle de la parole dans l'IA

## Contexte scientifique

Les technologies vocales exploitent très largement les outils de l'IA fondés sur de grandes masses de données et de l'apprentissage profond. A Gipsa-lab et au LPNC nous avons développé des modèles computationnels simulant les mécanismes cognitifs et biophysiques de production et perception de la parole, et leur développement ontogénétique. Dans ce projet nous intégrons les connaissances incluses dans ces modèles selon une formulation bayésienne afin de contraindre la structure et la nature des espaces latents des réseaux profonds, et en faciliter l'apprentissage. Ceci contribuera à favoriser la versatilité des technologies vocales grâce à des principes de transfert d'apprentissage.

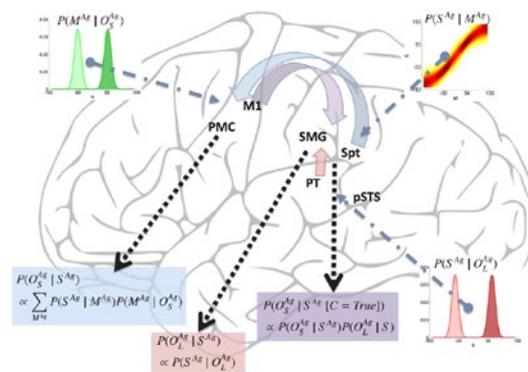
## Méthode

La modélisation bayésienne permet d'exprimer les contraintes sur les variables et les espaces clés du processus de la communication parlée en formalisant les caractéristiques statistiques de leurs propriétés et de leurs relations. Nous intégrerons ces contraintes dans les techniques exploitant l'apprentissage profond afin de guider l'émergence de variables latentes significatives et interprétables. De plus les connaissances déduites des modèles cognitifs et biophysiques permettront de générer des ensembles de données contrôlées et nouvelles, dans des domaines qui ne peuvent pas être explorés expérimentalement. Ces données seront utilisées pour enrichir les ensembles traités par les méthodes d'apprentissage profond. En retour, nous exploiterons les propriétés prédictives de l'apprentissage profond pour découvrir d'éventuelles dépendances entre variables et acquérir de nouvelles informations sur les représentations sensori-motrices encodées dans le cerveau. Ces dépendances seront interprétées dans le cadre des modèles probabilistes. Une fois ces étapes franchies, l'étape ultime de notre projet sera la création de scénarios d'interaction entre agents virtuels et humains, qui apprennent à communiquer par la parole et s'adaptent à de nouveaux contextes de communication.

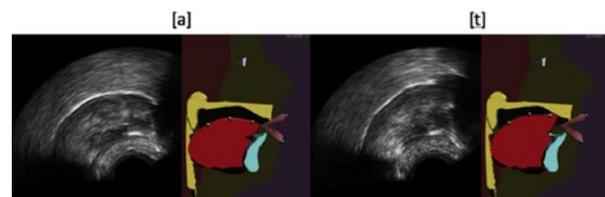
## Résultats

Nos principaux résultats à ce jour sont :

- La conception de modèles bayésiens de la perception de la parole et de l'apprentissage des unités perceptives de la parole (COSMO), et de la production de la parole (Bayesian GEPPEO) (fig. A).
- Le développement de synthétiseurs à partir de données articulatoires par apprentissage machine (fig. B).



A. Neuroarchitecture du modèle bayésien de la perception auditive de la parole (COSMO)



B. Synthèse automatique de la séquence /at/ avec un modèle 3D du conduit vocal à partir de données ultrasons

## Discussion

Nos travaux s'orientent vers une plus grande intégration de ces deux composantes de notre recherche. Nous travaillons ainsi sur une implémentation du modèle COSMO exploitant un réseau de neurones profond dans lesquelles les distributions de probabilité des variables et de leur relations sont mises en œuvre par des modèles neuronaux génératifs de type Variational AutoEncoder.

### Pour aller plus loin

---  
[julien.diard@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:julien.diard@univ-grenoble-alpes.fr)  
[thomas.hueber@grenoble-inp.fr](mailto:thomas.hueber@grenoble-inp.fr)  
[pascal.perrier@grenoble-inp.fr](mailto:pascal.perrier@grenoble-inp.fr)

# FlauBERT : des modèles de langue neuronaux contextualisés pré-entraînés pour le français



## Contexte scientifique

Les modèles de langue pré-entraînés sont désormais indispensables pour obtenir des résultats à l'état-de-l'art dans de nombreuses tâches du TALN (Traitement automatique du langage naturel). Tirant avantage de l'énorme quantité de textes bruts disponibles, ils permettent d'extraire des représentations continues des mots, contextualisées au niveau de la phrase.

Dans ce projet mené avec l'Université Paris Diderot et l'université Paris sciences et lettres, l'équipe GETALP du Laboratoire d'Informatique de Grenoble (Université Grenoble Alpes, CNRS) a partagé FlauBERT, un ensemble de modèles appris sur un corpus français hétérogène et de taille importante. Des modèles de complexité différentes ont été entraînés à l'aide du nouveau supercalculateur Jean Zay du CNRS. Les modèles de langue, évalués sur diverses tâches en français (classification de textes, paraphrase, inférence en langage naturel, analyse syntaxique, désambiguïsation automatique) surpassent souvent les autres approches sur le référentiel d'évaluation FLUE également conçu dans ce projet.

## Méthode

Alors que les approches fondées sur des représentations continues telles que word2vec ou GloVe apprennent un vecteur unique pour chaque mot, les modèles introduits récemment produisent des représentations contextuelles qui dépendent de la séquence de mots d'entrée complète. Initialement fondées sur des réseaux neuronaux récurrents, ces approches ont peu à peu intégré des modèles Transformer comme c'est le cas pour GPT ou BERT. La construction de ces ressources a nécessité l'exploitation de plus d'une centaine de processeurs graphiques (GPU) sur une grille de calcul mais de telles ressources ne sont ensuite plus nécessaires pour construire des systèmes dédiés à d'autres tâches où un simple GPU relativement disponible aujourd'hui suffira bien souvent. Les données d'apprentissage des modèles de langue pré-entraînés de Flaubert rassemblent 24 sous-corpus de types divers pour plus de 71 Go de texte (Wikipedia, livres, Common Crawl...) et ont nécessité jusqu'à 128 GPU.

## Résultats

- Des modèles de langue pré-entraînés état-de-l'art (Mai 2020) librement disponibles quel qu'en soit l'usage et utilisables dans de nombreuses tâches traitant le texte et la parole en français
- Flue : le premier référentiel d'évaluation du traitement automatique du français. FLUE est composé de 7 tâches correspondant à différents niveaux d'analyse (syntaxique, sémantique)

Tâche Section Mesure	Classification			Paraphrase	NLI	Constituants		Dépendances		Désambiguïsation	
	Livres Acc.	DVD Acc.	Musique Acc.	Acc.	Acc.	F <sub>1</sub>	POS	UAS	LAS	Noms F <sub>1</sub>	Verbes F <sub>1</sub>
État de l'art ant.	91.25 <sup>a</sup>	89.55 <sup>a</sup>	93.40 <sup>a</sup>	66.2 <sup>d</sup>	80.1/85.2 <sup>a</sup>	87.4 <sup>a</sup>		89.19 <sup>b</sup>	85.86 <sup>b</sup>	-	43.0 <sup>b</sup>
Sans pré-entr.	-	-	-	-	-	83.9	97.5	88.92	85.11	50.0	-
FastText	-	-	-	-	-	83.6	97.7	86.32	82.04	49.4	34.9
mBERT	86.15 <sup>c</sup>	86.9 <sup>c</sup>	86.65 <sup>c</sup>	89.3 <sup>d</sup>	76.9 <sup>f</sup>	87.5	98.1	89.5	85.86	56.5	44.9
Camembert	<b>93.40</b>	<b>92.70</b>	94.15	89.8	81.2	88.4	<b>98.2</b>	91.37	88.13	56.1	<b>51.1</b>
FlauBERT <sub>base</sub>	<b>93.40</b>	92.50	<b>94.30</b>	<b>89.9</b>	81.3	<b>89.1</b>	98.1	<b>91.56</b>	<b>88.35</b>	54.9/57.9 <sup>g</sup>	47.4

Résultats finaux sur les tâches de FLUE comparés à d'autres modèles de langue pour le français.

## Discussion

Ces recherches ouvrent la voie à des progrès importants sur de nombreuses tâches du traitement automatique des langues du français avec des applications pour l'industrie. Des recherches sont, par exemple, actuellement menées pour la détection d'entités nommées ou celle des freins ou motivations psychologiques à l'adoption d'une innovation.

### Pour aller plus loin

---  
Le GitHub du projet : <https://github.com/getalp/Flaubert> - *FlauBERT: Unsupervised Language Model Pre-training for French* Hang Le, Loïc Vial, Jibril Frej, Vincent Segonne, Maximin Coavoux, Benjamin Lecouteux, Alexandre Allauzen, Benoit Crabbé, Laurent Besacier and Didier Schwab, 12<sup>th</sup> Language Resources and Evaluation Conference, 2020

## Développement et validation de dispositifs numériques innovants de prévention et de remédiation des difficultés d'apprentissage de la lecture et de l'anglais

### Contexte scientifique

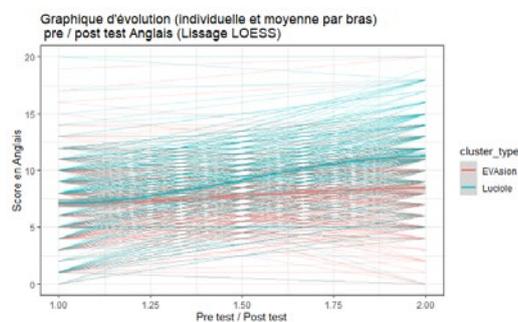
L'utilisation du numérique en classe ouvre la possibilité de proposer des entraînements qui s'adaptent aux besoins de chaque élève et contribuent à la prévention ou la remédiation des difficultés d'apprentissage. Or, il existe aujourd'hui peu de logiciels éducatifs qui soient à la fois basés sur les données de la recherche scientifique et dont l'efficacité ait été démontrée à partir d'études à grande échelle menées en contexte écologique. FLUENCE a pour objectif de développer de nouveaux logiciels pour l'apprentissage de la lecture et de l'anglais et de mener des expérimentations en classe afin de vérifier que l'utilisation de ces logiciels par les élèves s'accompagne d'une amélioration significative de leurs performances.

### Méthode

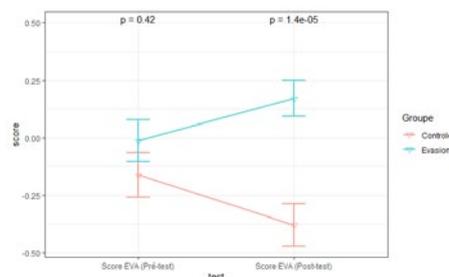
Trois logiciels éducatifs ont été créés par trois laboratoires de recherche : EVASION (LPNC, UMR 5105) pour l'entraînement des capacités d'attention visuelle nécessaires à l'apprentissage de la lecture, ELARGIR (GIPSA-Lab, UMR 5216) pour l'entraînement à la lecture répétée assistée de textes et LUCIOLE (LIDILEM) pour l'entraînement à la compréhension de l'anglais oral. Les logiciels ont été déployés dans les académies de Grenoble et de Mayotte, auprès de 2000 élèves de primaire et de collège. L'étude consiste en un suivi longitudinal sur 2 ou 3 ans au primaire (du CP au CE1 ou CE2) et sur 2 ans au collège (6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>). Des évaluations sont effectuées avant tout entraînement, puis après chaque entraînement. Des entraînements différents sont proposés à des groupes expérimentaux appariés qui utilisent soit EVASION et LUCIOLE, soit ELARGIR et LUCIOLE de façon à évaluer l'efficacité de chaque entraînement par rapport à un groupe contrôle.

### Résultats

Les premiers résultats montrent que LUCIOLE est efficace pour entraîner la compréhension de l'anglais oral en primaire (CP et CE1). Suite à l'absence d'effet d'EVASION en CP Grenoble, une deuxième version du logiciel a été développée et expérimentée sur Mayotte. La version 2 d'EVASION permet d'améliorer les capacités d'attention visuelle des élèves et se traduit par une amélioration des performances en lecture. L'évaluation d'ELARGIR est en cours.



Amélioration de la compréhension orale en anglais suite à l'utilisation de LUCIOLE



Amélioration de la compréhension orale en anglais suite à l'utilisation de LUCIOLE

### Discussion

Les résultats actuels permettent d'ores et déjà de valider les logiciels LUCIOLE et EVASION. Les premiers résultats sont encourageants pour ELARGIR mais devront être consolidés dans la dernière année du projet. Les logiciels validés ont vocation à être diffusés largement auprès des enseignants.

Pour aller plus loin

---  
[www.fluence.cnrs.fr](http://www.fluence.cnrs.fr)  
[sylviane.valdois@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:sylviane.valdois@univ-grenoble-alpes.fr)

# eRISK

## Éducation 2.0 et risques numériques

### Contexte scientifique

Le projet, financé par la Fondation MAIF, s'intéresse à la formation des élèves au numérique dans les établissements scolaires à travers la perception des risques numériques par les enseignants qui entrent dans le métier. Partant du constat que la culture numérique est abordée à l'école essentiellement sous l'angle des risques, le projet vise à caractériser les représentations et les discours sur le numérique pour comprendre des pratiques pédagogiques en évolution.



Représentation de leurs pratiques par les élèves : création d'une BD en classe

### Méthode

Méthodes mixtes : une enquête quantitative a été réalisée dans deux académies (Bordeaux et Créteil, 3132 réponses), puis des entretiens semi-directifs auprès d'enseignants néotitulaires dans le but de caractériser leur rapport au numérique et leurs perceptions des risques. L'observation de 2 journées d'idéation avec 2 classes a permis de comprendre les représentations du numérique chez les élèves de 15 ans. Enfin, l'analyse des productions réalisées pendant une année par ces classes a complété le dispositif de recherche.

### Discussion

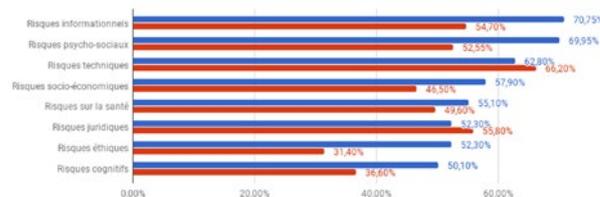
L'équipe poursuit les recherches sur l'analyse des représentations et des pratiques formelles et informelles en éducation et en formation à partir des expériences réelles des élèves et des enseignants.

49

### Résultats

La culture numérique des nouveaux enseignants est inégalement développée, peu informée, malgré leur sentiment d'expertise, et centrée sur la perception des risques psycho-sociaux liés aux «écrans». Ils ont besoin de formation.

Amener les élèves à conscientiser leurs pratiques numériques en les verbalisant se révèle bien plus efficace que de leur donner des contenus «clés en main».



Comparaison entre risques perçus par les enseignants pour eux et pour leurs élèves

Pour aller plus loin

---  
<https://erisk.hypotheses.org/1>  
<https://www.lesjeunesetlenumerique.fr/>

# Des contraintes sur les lexiques des langues humaines sont présentes chez les babouins (*Papio papio*)

## Contexte scientifique

L'ensemble des mots et leur signification varie considérablement d'une langue à l'autre. Pourtant, les mots, à travers les langues, partagent une propriété commune : ils sont «connectés». Lorsque qu'un mot fait référence à deux objets, il s'applique également à tout objet situé «entre» ces deux objets. Par exemple, aucun mot n'existe pour désigner «rossignol ou framboise» ou encore «oiseau mais pas rossignol». Une hypothèse naturelle est que la source de cette régularité a un fondement cognitif : un biais d'apprentissage qui favorise la connectivité. Ce biais d'apprentissage est-il typiquement humain ? Est-il spécifique au langage ? Nous présentons une expérience chez le babouin.

## Méthode

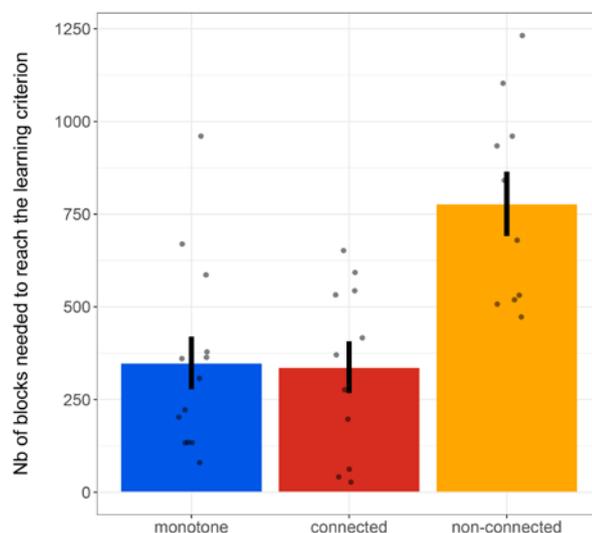
La tâche des babouins consistait à apprendre à catégoriser la moitié des six stimuli d'un ensemble à une catégorie A et l'autre moitié à une catégorie B. Ces stimuli bicolores (ex. Tableau 1) variaient selon un continuum par leur proportion de couleur (0, 20, 40, 60, 80 ou 100% de violet). 14 babouins ont été testés dans 3 conditions. Dans la condition «monotone», les trois stimuli associés à A étaient groupés à un extrême (A = «de 0 à 40% de violet»). Dans la condition «connected», les trois stimuli associés à A étaient tous contigus, mais pas groupés à l'extrême (A = «de 40 à 80% de violet»). Enfin, dans la condition «non-connected», les trois stimuli associés à A (et B) étaient répartis de façon discontinue (A = «20, 40 ou 100% de violet»).

	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Conditions						
Monotone	A	A	A	B	B	B
Connected	B	B	A	A	A	B
Nonconnected	B	A	A	B	B	A

1. Stimuli et Conditions

## Résultats

Les babouins ont un biais d'apprentissage qui les aide à apprendre les catégories connectées plus facilement que les catégories non-connectées, c'est-à-dire qu'ils apprennent plus rapidement une catégorie comme «contient entre 40% et 80% de violet» (figure 2 – «connected») qu'une catégorie comme «contient environ 30% de violet ou 100% de violet.» (figure 2 – «non-connected»)



2. Résultats: temps d'apprentissage dans chaque condition

## Discussion

Ce résultat chez le babouin suggère donc que l'origine cognitive responsable des régularités observées dans les lexiques des langues humaines n'est pas spécifique à l'humain, ni au langage.

# COBRA

## Conversational brains

### Contexte scientifique

Le projet COBRA est un projet européen financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention Marie Skłodowska-Curie. L'objectif est de parvenir à une modélisation précise des mécanismes linguistiques, cognitifs et cérébraux qui permettent à la conversation de se dérouler. Ce projet, piloté par le Laboratoire Parole et Langage, s'appuie sur un réseau de 10 centres de recherche académique de niveau mondial sur le langage, la cognition et le cerveau humain ainsi que 4 partenaires non académiques qui comprennent des PME à développement rapide (Furhat Robotics, DAVI, Readspeaker) et une entreprise de niveau mondial (Orange).

### Méthode

Une série d'études faisant toutes appel à des techniques permettant d'appréhender la conversation est planifiée. Parmi ces techniques, nous retrouvons:

- Des analyses de corpus interactionnels multimodaux homme-homme et homme-machine avec extraction d'indices acoustiques, formes linguistiques et informations visuelles
- Des tâches interactives avec utilisation d'agents artificiels
- Des paradigmes expérimentaux de perception conjointe
- Des double enregistrements électroencéphalographiques également appelés hyperscanning EEG
- Des enregistrements IRMf alors que les participants sont engagés dans des tâches interactives et/ou collaboratives
- Des systèmes de capture de mouvement double
- Des systèmes d'articulographie électromagnétique double



Un double enregistrement électroencéphalographique (EEG).

### Résultats

- Modélisation de la dynamique des interactions sur les plans linguistiques, physiologiques, cognitifs et cérébraux
- Contribution significative à l'étude expérimentale de l'établissement collectif de relations du son au sens
- Contribution significative au domaine émergent de l'hyperscanning en explorant les corrélats neurophysiologiques des phénomènes de convergence lors des conversations
- Amélioration d'agents virtuels existants
- Développement d'un système de dialogue avec une voix de synthèse de qualité et des compétences conversationnelles de haut niveau



Face à face avec le robot Furhat développé par Furhat Robotics permettant un meilleur contrôle des réponses de l'interlocuteur.

Pour aller plus loin

---  
<https://www.cobra-network.eu/>  
 noel.nguyen@lpl-aix

# RUGBI, Looking for Relevant linguistic Units to improve the intelligibility measurement of speech production disorders



les différentes couches, 2) le transfert de ce modèle profond dans une tâche de prédiction de l'intelligibilité de la parole en présence de parole normale et parole pathologique, 3) l'interprétation du modèle d'apprentissage profond pour identifier la contribution des unités phonémiques dans l'intelligibilité de la parole et sa variation - amélioration ou altération.

## Contexte scientifique

Les troubles de la production de la parole, conséquences d'une maladie neurologique, d'un cancer ou d'une traumatisme, peuvent entraîner une perte d'intelligibilité rendant la communication des patients avec leur environnement difficile et limitant leur vie professionnelle et / ou sociale. Aujourd'hui, l'amélioration de la qualité de vie des patients est l'objectif central des soins et implique le maintien de la communication orale. L'évaluation de l'intelligibilité est donc un élément clé. Cependant, les méthodes d'évaluation traditionnelle, basée sur l'évaluation perceptuelle des troubles de la parole, sont partiellement efficaces et satisfaisantes selon les cliniciens. Le projet ANR RUGBI (2019 – 2023) a pour but de compléter les outils des thérapeutes en leur apportant des soins non invasifs, opportuns et abordables. Dans cet objectif, le projet RUGBI propose de combiner des mesures perceptuelles et automatiques pour identifier les unités acoustiques et prosodiques pertinentes ainsi que les tâches d'évaluation appropriées pour évaluer le degré de déficience ou de perte communicationnelle.

## Méthode

Le travail confié au LIA dans le projet RUGBI est d'étudier l'apport des réseaux de neurones profonds dans la recherche des unités acoustico-phonétiques jouant un rôle majeur dans l'intelligibilité de la parole normale et, par conséquent, dans sa perte en présence de troubles de la parole chez des patients atteints de cancers du cou et de la tête ou de la maladie de Parkinson.

Dans ce cadre, une méthodologie en 3 étapes est proposée, inspirée des travaux de [Nagamine et al., 2015] : 1) l'étude d'un CNN (Convolutional Neural Network) entraîné pour une tâche de classification d'unités phonémiques à partir de parole normale et de la modélisation de ces unités au sein du CNN par observation de l'activation des neurones dans

## Résultats

Nous travaillons actuellement sur l'étape 1 de la méthodologie, à savoir l'apprentissage du CNN pour la tâche de classification en unités phonémiques sur un corpus de parole lue produit par des locuteurs français et segmenté en unités phonémiques. Le modèle profond a été évalué sur un corpus différent impliquant des sujets sains et des patients atteints de cancers réalisant également une tâche de lecture. Les taux de classification obtenus sur ce deuxième corpus ont été comparés à des mesures perceptives d'évaluation du degré d'altération de la parole (mesure de sévérité) et du niveau d'intelligibilité/compréhensibilité des locuteurs (mesure d'intelligibilité) données par un jury d'experts cliniques. Des coefficients de corrélation de Pearson de 0.91 et de 0.78 ont été atteints respectivement pour ces deux mesures montrant déjà la pertinence du CNN dans l'objectif final visé par le projet RUGBI (Figure 1 pour la mesure d'intelligibilité). Nous avons également débuté la phase d'observation et d'interprétation du rôle des différentes couches et neurones dans la tâche de modélisation des traits distinctifs des phonèmes du français (Figure 2).

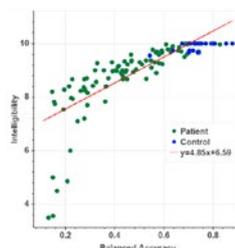


Fig.1 : Taux de classification du CNN vs mesure perceptuelle d'intelligibilité

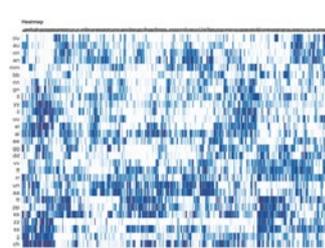


Fig.2 : Carte d'activation des neurones de la dernière couche du CNN après application d'un clustering hiérarchique

### Pour aller plus loin

---  
corinne.fredouille@univ-avignon.fr  
sondes.abderrazek@univ-avignon.fr  
<http://www.irit.fr/rugbi/>

# Lecture sur livre imprimé et sur e-book : Quel impact sur la compréhension du texte ?

## Contexte scientifique

La lecture de textes longs se fait en général avec un livre qu'il faut manipuler. On lit avec ses yeux, mais aussi avec ses mains. Or, de plus en plus souvent les livres sont numériques et on ne les lit pas comme les livres imprimés. Ces changements d'interaction corporelle entre le lecteur et le livre peuvent-ils influencer la compréhension du texte ?

## Méthode

50 sujets adultes (âge moyen 24 ans) ont lu une histoire extraite d'un recueil de nouvelles (28 pages, 10800 mots) sur 2 supports différents : un livre imprimé (N=25), un livre électronique (Kindle Amazon) (N=25).

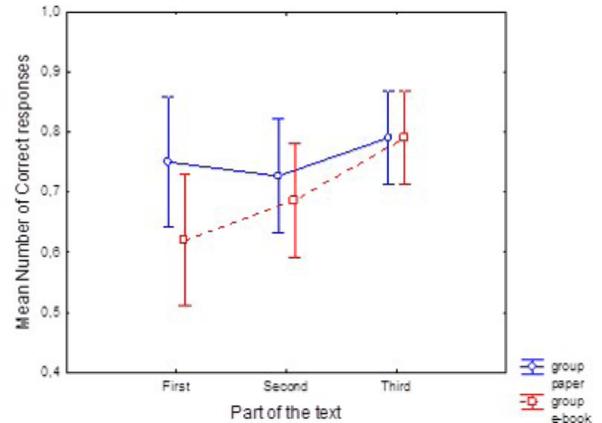
Après la lecture (1h en moyenne), on pose au lecteur une série de questions sur le texte et sur l'histoire :

- Reconnaissance de mots et de phrases
- Questions à propos de l'histoire (lieux, personnages...)
- Localiser des événements dans l'espace du texte
- Replacer 14 événements dans l'ordre d'apparition dans l'histoire

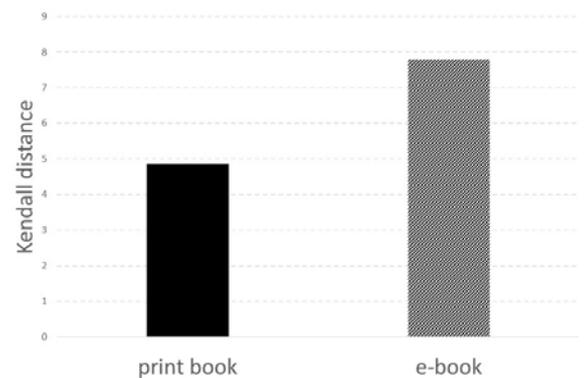


## Résultats

Pas de différences entre le livre imprimé et le e-book en ce qui concerne la reconnaissance des mots, des phrases et les réponses aux questions à propos de l'histoire, mais la localisation des événements dans l'espace du texte et la reconstruction de la chronologie de l'histoire est plus précise chez les lecteurs qui ont lu le livre imprimé.



Localisation des événements dans les 3 parties du texte chez les 2 groupes de lecteurs.



Différence entre l'ordre chronologique exact et celui donné par les 2 groupes de lecteurs (livre imprimé et e-book)

## Discussion

Globalement la compréhension n'est pas différente avec les deux types de livres, mais les lecteurs se repèrent mieux dans l'espace du texte et dans le temps de l'histoire quand ils lisent un livre imprimé. Les interactions sensori-motrices que le lecteur entretient avec le support physique de la lecture peuvent jouer un rôle dans la compréhension d'un texte long, en particulier les textes narratifs dans lesquels la chronologie des événements est importante.

### Pour aller plus loin

---  
Mangen A, Olivier G and Velay J-L (2019) *Comparing Comprehension of a Long Text Read in Print Book and on Kindle: Where in the Text and When in the Story?* *Frontiers in Psychology*. 10:38. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00038

# Partenariats de recherche



54

Cet annuaire de la recherche scientifique 2019 de l'institut Cognition serait incomplet sans la référence à l'intense activité de recherche contractuelle.

Nous avons choisi d'illustrer les 126 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 737 ETP permanents et 1 058 ETP non-permanents de l'Institut aux côtés de partenaires du monde socio économique, pour contribuer ainsi à leur innovation compétitive.

# Effet d'un entraînement à la conscience phonologique via le logiciel Graphonémo (MagikEduk) sur la reconnaissance de pseudo-mots en première année du primaire

**Segment de marché :** Écoles et cabinets de praticiens (orthophonistes)

## Contexte industriel

Magik Eduk est une jeune start-up qui a développé un logiciel d'aide à l'apprentissage de la lecture pour les enfants scolarisés de maternelle et de première année, et pouvant témoigner de difficultés à apprendre à décoder. Le parcours d'apprentissage du logiciel est dynamique et s'adapte à chaque lecteur. Grâce à l'intelligence artificielle, le jeu prend en compte le niveau et les stratégies d'apprentissage de l'apprenant. Le logiciel est distribué par MagikEduk à l'attention des écoles et des cabinets d'orthophonie, notamment.

## Objectifs

Il s'agit ici de développer un programme de recherche prenant appui sur le logiciel adaptatif Graphonémo, dont le but est, à travers un scénario pédagogique (jeu sérieux), d'aider les élèves de maternelle et de première année (cours préparatoire) à acquérir et développer des habiletés en décodage. Pour ce faire, différents exercices, dont des entraînements à la conscience phonologique (suppression, découpage syllabique, discrimination syllabique), sont proposés et testés expérimentalement.

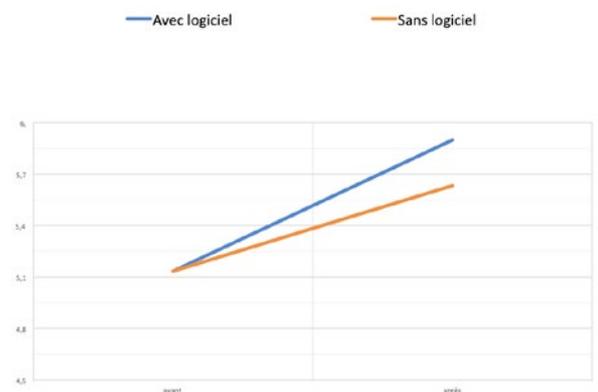


Les objectifs des études conduites par l'équipe CHArt-UPEC sont :

1. D'évaluer la plus-value apportée par le logiciel et sa gamification par rapport à des exercices classiques.
2. De mieux comprendre l'influence des exercices proposés par le logiciel sur les processus de décodage et de compréhension.
3. De proposer des parcours différenciés en fonction du niveau et des stratégies d'apprentissage des élèves.

## Résultats obtenus/attendus

Les résultats de l'expérience pilote montrent qu'un entraînement à la conscience phonologique, via l'outil Graphonémo, favorise le développement, chez les élèves de première année, du processus de décodage tel qu'évalué par une épreuve de reconnaissance de pseudo-mots. Ce premier résultat est encourageant et justifie la poursuite des investigations et du développement de GraphoNemo, en considérant sa validité scientifique.



Effet d'un entraînement via le logiciel Graphonémo sur le score de reconnaissance de pseudomots (sur 6 points), chez des élèves de première année du primaire.

## Responsables scientifiques et techniques

---  
Denis Alamargot et Xavier Aparicio (CHArt-UPEC) -  
Sandrine Grégoire (MAGIK EDUK)

# Étude de l'impact physiologique et cognitif généré par un plan de travail incliné de 3°

Segment de marché : Design et conception de mobiliers industriels

## Contexte industriel

Créé en 1989, IndustrieDesign est un bureau d'études de design industriel qui s'est spécialisé dans la conception et fabrication de mobiliers très techniques. En 25 ans, IndustrieDesign est devenu le numéro un Français dans le secteur des salles de marchés financiers.

## Objectifs

Mesurer l'impact engendré par une inclinaison du plan de travail de 3° en station de travail assise sur la cognition et sur la posture spontanée. L'étude consiste à mesurer la posture (motion capture) adoptée spontanément par l'utilisateur, à étudier le fonctionnement de la cognition visuelle (en particulier, certains biais visuels), à étudier le fonctionnement des relations sensori-motrice lorsqu'un opérateur interagit avec un ordinateur, à étudier les capacités de concentration et de focalisation.

## Résultats obtenus/attendus

- Construction et réalisation des protocoles expérimentaux
- Traitement de données et analyses statistiques
- Rédaction d'un document de communication destiné aux professionnels du secteur



Dispositif de capture du mouvement utilisé dans l'étude

Les résultats de l'étude ont permis de montrer que l'inclinaison de 3° du plateau de travail :

- Améliore la posture en la redressant, ce qui diminue les contraintes pesant sur la colonne vertébrale.
- Améliore le fonctionnement global de la vision en la rendant moins sensible aux défauts de l'environnement visuel.
- Améliore les liaisons sensori-motrices lorsque l'opérateur doit interagir avec un ordinateur.
- Améliore les capacités de concentration et de focalisation. L'attention est plus efficace.

# PAU, PC à Accès Universel

**Segment de marché :** Collégiens, étudiant et professionnels aveugles ou malvoyants

## Contexte industriel

Le PC à Accès universel vise à faciliter l'accès au numérique pour les personnes aveugles et malvoyantes. Il s'appuie sur l'environnement Linux et des technologies sous licence libre. A côté de logiciels et configurations facilitant l'accessibilité, le développement du logiciel Tactos offre une perception tactile des informations spatialisées sur l'écran : disposition des éléments et fenêtres, reconnaissance de formes (figures mathématiques), lecture de cartes, etc.

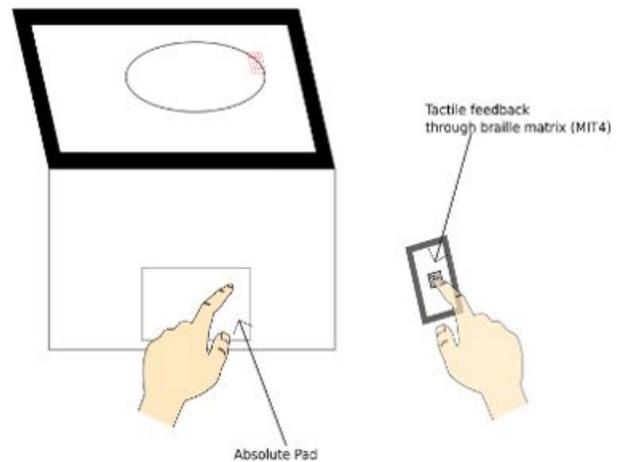


Module d'interaction tactile



## Objectifs

Le principe du logiciel Tactos consiste à lire les pixels de l'écran situés autour du pointeur de la souris. Selon la couleur des pixels, le logiciel va lever ou abaisser les picots du module correspondant. Par couplage du mouvement de la main et le retour du module tactile, l'utilisateur est à même de retrouver et reconnaître les formes à l'écran. Une information supplémentaire peut être envoyée à travers un système de synthèse vocale.



Principe du logiciel Tactos

## Résultats obtenus/attendus

Intégration du logiciel Tactos dans le PC à accès universel, via le contrôleur braille de l'UTC ou une barrette du commerce.

Vidéo d'exemple : <https://tactos.oiseauroch.fr>

## Contexte industriel

Le Groupe Ouest est un laboratoire européen du film. Il a pour objet de soutenir la création cinématographique dans une démarche de coopération européenne et d'encouragement à l'innovation. Il permet d'explorer de nouvelles approches facilitant la construction de récits, coacher les auteurs, les aider à trouver leur «patte», accoucher d'un récit qui fasse sens, d'un plan d'architecte en vue d'un film fort. C'est un lieu unique en Europe dédié à l'accompagnement d'auteurs en résidence et au suivi de développement de scénarios.

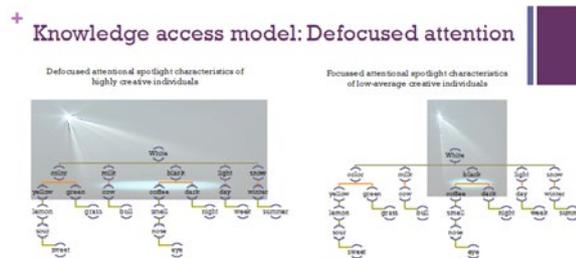
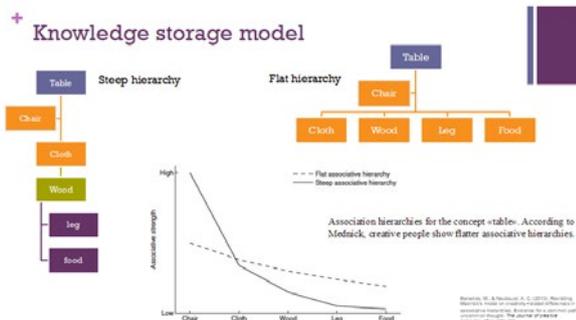
## Objectifs

Le Groupe Ouest a lancé en 2019 le premier workshop appelé *StoryTANK* en partenariat avec 15 institutions\*. L'objectif du *StoryTANK* s'articule autour de workshops de recherche appliquée rassemblant des chercheurs en sciences cognitives, sciences humaines, en physiologie des émotions... et des praticiens du récit, scénaristes et script-doctors, pour trouver ensemble de nouveaux angles d'approche pour aborder, tant l'accouchement de récits que la fonction du récit, dans une humanité perturbée... LaPEA a participé au premier *StoryTANK* et a été représenté par Samira Bourgeois-Bougrine qui a travaillé dans le cadre du projet ANR CREAPRO sur la créativité des scénaristes. Elle a apporté un éclairage sous l'angle de la neuropsychologie de la créativité et explore actuellement de futures questions de recherche d'augmentation cognitive autour du récit avec les membres du Groupe Ouest et des collègues universitaires dont notamment Margaret MckVeigh de Griffith Film School - Griffith University-Australia.

## Résultats obtenus/attendus

Autour de trois thématiques centrales au ThinkTank (Génération des idées, physiologie du spectateur, fonction anthropologique du récit contemporain), seront générés douze segments vidéos d'une heure en moyenne, fruits des enregistrements des échanges entre chercheurs et scénaristes. Chacun de ces segments vidéo (x12) sera posté sur la chaîne Youtube du *StoryTANK* (démarrage juin 2020), et chacun de ces segments va générer au minimum une dizaine de

«capsules vidéos» de 2 à 3 min. sur des sous-sujets de chaque segment (ex. : la multiplication des idées). Ces 120 capsules vidéos seront postées et relayées sur les réseaux sociaux de chacun des 15 partenaires dans 10 pays d'Europe, relayées par chacune des antennes Media de l'Union Européenne au fil de l'année. Nous évaluons à 50 000 le nombre minimum des professionnels de la culture et de la recherche qui seront touchés par ces vidéos (la totalité des publics atteints par l'ensemble de nos partenaires dépasse les 500 000 personnes)



### Responsables scientifiques et techniques

LaPEA : Samira Bourgeois-Bougrine  
 Groupe Ouest (\*en partenariat avec Prix du Scénario (ex-Sopadin), le CNC, l'ARP, Europe Créative – programme MEDIA et le Film Français, ainsi que le programme européen LIM | Less is More, Control N et le TIFF en Roumanie, le VAF en Flandre, KBF en Pologne, le LFC en Lituanie, le NFI en Norvège et l'Agence du Film de la Macédoine du Nord ; et en présence de représentants de programmes européens tels que le TorinoFilmLab en Italie, ACE Producers basé à Amsterdam et MidPoint en République Tchèque)

# Bénéfices de l'auto-efficacité culturelle

Segment de marché : Conseil aux entreprises

## Contexte industriel

Dans un contexte de mondialisation, les interactions entre personnes de différentes cultures sont plus fréquentes. Les consultants en Gestion des Ressources Humaines - tels que LabRH - doivent pouvoir s'appuyer sur des travaux scientifiques pour donner des conseils aux entreprises sur la manière de faciliter ces interactions.

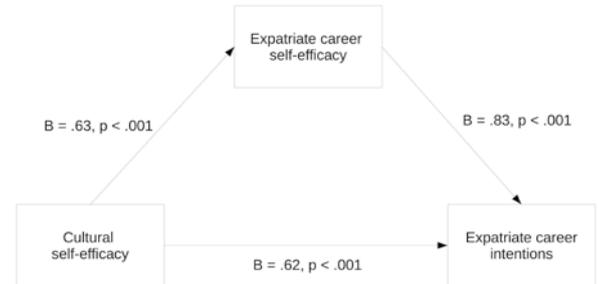
## Objectifs

A travers une première série d'études corrélationnelles, nous avons pour objectif d'étudier le lien entre auto-efficacité culturelle et intentions d'expatriation chez des étudiants en école de commerce.

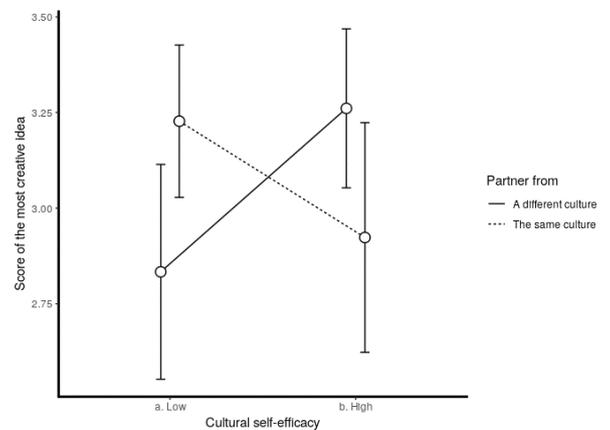
A travers une deuxième série d'études - l'une impliquant des dyades biculturelles et l'autre une manipulation expérimentale du niveau d'auto-efficacité culturelle -, nous avons pour objectif d'étudier le lien entre auto-efficacité culturelle et performance créative collective dans un contexte interculturel.

## Résultats obtenus/attendus

Les résultats ont été conformes aux objectifs. Nous avons publié la première série d'études dans un article dans une revue à comité de lecture (doi : 10.1007/s10775-019-09396-1) et l'autre série d'études est en cours de relecture dans une autre revue à comité de lecture.



Auto-efficacité culturelle et intentions d'expatriation



Auto-efficacité culturelle et performance créative

# Étude des fluctuations de l'attention lors de l'activité de conduite de TGV



Segment de marché : Sécurité, fiabilité, interaction homme-système

## Contexte industriel

Le niveau d'automatisation des postes de conduite en Ligne Grande vitesse (LGV) augmente : Lors d'un trajet, à la suite d'une période de charge attentionnelle importante en ligne conventionnelle (LC), le passage en LGV peut entraîner un long temps en position plus passive de l'opérateur qui devient « superviseur du système ». Mais une vigilance accrue peut-être requise à différents moments de la LGV. Comment le conducteur régule-t-il ces variations ? La monotonie pourrait-elle entraîner des baisses de l'attention et de la vigilance ?

## Objectifs

### Étude exploratoire auprès de 13 conducteurs expérimentés :

Élaborer une méthodologie permettant de déterminer le niveau d'attention du conducteur à différents moments de la conduite pour un trajet donné. Tester les techniques d'oculométrie dans l'environnement ferroviaire et de pupillométrie sur simulateur de conduite. Récolter et analyser des données (i) objectives et (ii) subjectives : (i) fixations et saccades oculaires, clignements de l'œil, taille de la pupille ; (ii) Échelles de charge attentionnelle et cognitive perçue.

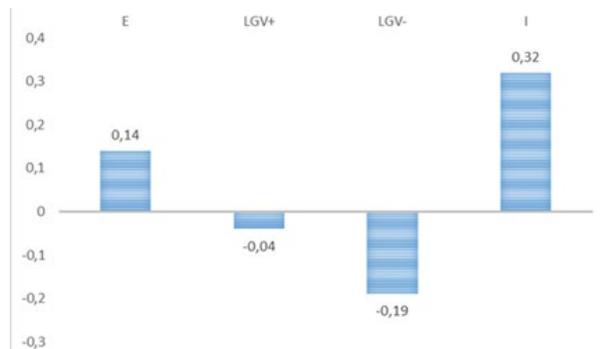
Tâches de conduite de TGV : En situation écologique et en simulateur.

## Résultats obtenus/attendus

La pupillométrie et les autoévaluations des conducteurs se sont révélées très sensibles aux variations du niveau de charge attentionnelle des conducteurs. Ces résultats montrent que les situations de conduite monotones avec une faible charge de travail peuvent engendrer une sous-charge cognitive et des difficultés de maintien de l'attention.



Capture du mouvement des yeux en poste de conduite TGV



Moyennes des variations du diamètre pupillaire (en millimètres) des conducteurs en fonction de la période (E vs LGV+ vs LGV- vs I). E et I étant les phases très chargées

### Responsables scientifiques et techniques

Jean-Michel Boucheix, Marine Lévéillé, LEAD-CNRS, UMR 5022, Nicolas Renoir, Olivier Salvon, SNCF / DIR TECHNOLOGIES INNOVATION ET PROJETS GROUPE / IR DEP MODEL EXPER VOY

# Évaluer la pertinence et le besoin d'un assistant virtuel/cognitif pour le TGV en GoA2



Segment de marché : Innovation et recherche, ferroviaire

## Contexte industriel

La conduite sur LGV est une activité particulièrement routinière. Petit à petit, différents degrés d'autonomie de conduite vont être expérimentés dans le ferroviaire pour améliorer les aspects de fiabilité horaire, pour diminuer l'emprunte carbone, pour amplifier la cadence de transport et le confort voyageur. Le premier niveau d'autonomie déployé sur LGV sera le GoA2 (Grade of Autonomy 2), qui consiste à automatiser les phases d'accélération/décélération sur voie, le conducteur restant en cabine pour gérer les autres opérations, notamment l'ouverture/fermeture des portes. Dans ce cadre, la SNCF se questionne sur la pertinence et le besoin de concevoir et d'implanter un assistant cognitif dans la cabine de l'agent de conduite TGV GoA2. La question suppose en effet de se positionner dans un contexte prospectif, qui n'existe pas encore car le GoA2 n'est pas encore déployé sur TGV.

61

## Objectifs

Les objectifs du projet de recherche sont doubles :

- Comprendre les activités professionnelles actuelles de agents de conduite TGV et se projeter quant aux activités futures probables sur TGV GoA2 ;
- Se saisir de l'objet conceptuel «Assistant Cognitif» pour identifier ses apports et ses limites éventuelles dans le contexte industriel décrit précédemment.

## Résultats obtenus/attendus

Les résultats obtenus ont été scindés en 3 livrables complémentaires :

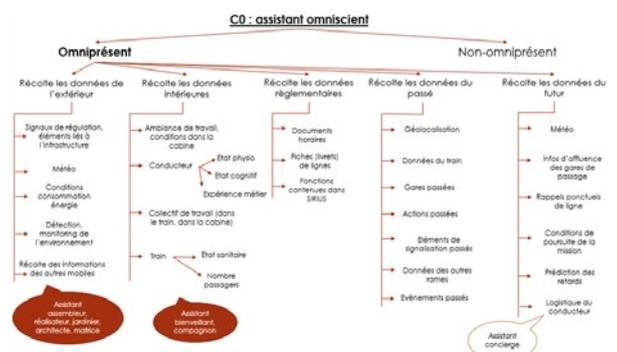
- **Livable 1** : Veille scientifique, industrielle et technologique sur la thématique des «assistants virtuels et/ou cognitifs» et les domaines connexes qui y sont associés. Ont été présentés les risques

liés au train autonome, la pertinence de l'IA et de l'informatique cognitive pour l'organisation d'une collaboration homme-système efficace, les exemples d'assistants cognitifs déployés en industries automobiles/aéronautiques/médicales.

- **Livable 2** : Synthèse de la démarche de co-créativité (type C-K) mise en place pour identifier la(les) solution(s) d'assistant(s) cognitif(s) la(les) plus pertinente(s). Sont présentés les principaux résultats du brainstorming et l'illustration de l'arbre C-K qui aura permis d'identifier les assistants cognitifs adaptés au contexte SNCF, la liste des fonctions et critères principaux à respecter pour la définition d'un futur assistant cognitif.
- **Livable 3** : Deux fiches synthétiques ont été proposées, exposant la démarche de recherche qu'il est possible d'engager si la SNCF souhaite initier le prototypage de l'assistant cognitif retenu. Deux plans d'actions ont été présentés, correspondant au déploiement de 2 assistants cognitifs. Ils peuvent être envisagés comme complémentaires, simplement, l'un pourra être déployé dans un plus court terme que l'autre.



Illustration des différents degrés d'autonomie ferroviaire (GoA)



Arbre C-K obtenu en fin d'atelier de co-créativité

## Responsables scientifiques et techniques

---  
Jean-Marc André (IMS, Groupe Cognitif),  
Lisa Créno (ERSYA) et Cyril Cappi (SNCF)

# Modèles polyglottes pour la traduction automatique de la parole à faibles ressources

Segment de marché : IA, web et réseaux sociaux

## Contexte industriel

La traduction automatique (TA) est essentielle pour connecter les personnes qui parlent des langues différentes. Bien que les méthodes d'apprentissage profond aient accéléré les progrès du traitement du langage naturel (TALN) ces dernières années, les systèmes actuels sont encore limités en ce qui concerne la traduction de la parole car, pour cette tâche, de grandes quantités de données annotées ne sont pas facilement disponibles.

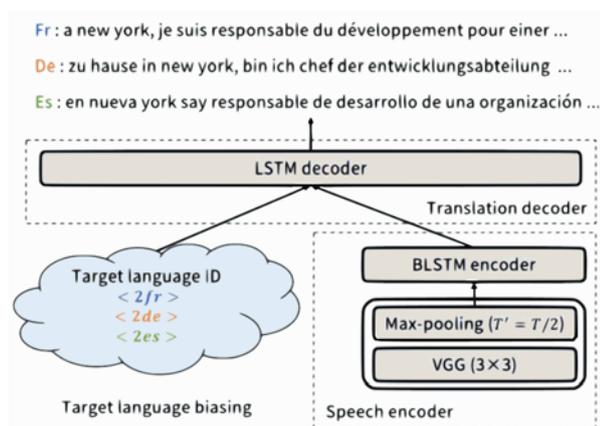
## Objectifs

Le but de ce projet est de faire progresser l'état de l'art de la traduction automatique de la parole de bout en bout (*end-to-end*). De tels systèmes traduisent un discours dans une langue source en un texte dans la langue cible sans passer par une représentation intermédiaire telle que la transcription dans la langue source. Pour une telle tâche, les données d'entraînement sont limitées et le but de ce projet est de tirer profit d'un apprentissage multilingue qui devrait être particulièrement bénéfique dans les scénarios à faibles ressources.

facebook

## Résultats obtenus/attendus

- Création de corpus avec un grand nombre de langues sources et cibles
- Entraînement multilingue et approches d'apprentissage par transfert pour la traduction automatique de la parole à faible ressource
- Apprentissage avec peu voire aucun exemples directs de traduction de discours (*few shot and zero shot learning*)



Un exemple d'architecture multilingue de traduction du discours oral

# Développement de mesures implicites de prédiction des comportements d'achat

Segment de marché : Transverse

## Contexte industriel

Les instituts d'études s'intéressent à la compréhension des consommateurs et des utilisateurs en se concentrant principalement sur les motivations, les décisions et les comportements. L'étude du consommateur a vu un intérêt grandissant pour les mesures qui permettent de récolter de telles informations sans que le consommateur n'ait à la récupérer et à l'exprimer intentionnellement. La société Market Vision, un cabinet de conseil en Marketing spécialiste des logiques de décision des Consommateurs-Shoppers, a conscience de cet intérêt grandissant pour des méthodes alternatives quantitatives et non déclaratives.

## Objectifs

L'objectif de ce travail est de développer des méthodes quantitatives innovantes adaptées à l'étude du consommateur pour affiner la compréhension et la prédiction des comportements d'achat. Comme le propose la théorie de la cognition incarnée, la cognition dépendrait des capacités d'actions corporelles du sujet lorsqu'il est en interaction avec son environnement. Dans ce cadre nous pouvons considérer que le consommateur percevrait son environnement de consommation en fonction des potentiels d'action que lui offre les produits. Notre hypothèse générale est que des produits ayant un effet socio-affectif différent guideraient différemment les actions des consommateurs. À partir des indices corporels mesurés, il deviendrait donc possible d'inférer sur l'état interne du consommateur.

## Résultats obtenus/attendus

Dans une première série d'études, nous avons observé que des variables socio-affectives influencent la perception de l'espace. Plus particulièrement, des variables comme l'estime de soi et l'anxiété sociale modulent la façon dont les individus perçoivent une ouverture. Nos résultats suggèrent que ce type de tâche pourrait être, à terme, utilisé pour évaluer l'effet socio-affectif d'un produit porté. Dans une seconde série d'étude, nous avons analysé le mouvement de la souris lorsque des consommateurs devaient réaliser une tâche de catégorisation dichotomique. Cette méthode semble permettre d'identifier et de hiérarchiser certaines caractéristiques relatives à l'identité d'une marque. Ces résultats suggèrent que cette méthode pourrait être, à terme, utilisée afin de prédire les comportements d'achats.

### 1 FOCALISATION AFFECTIVE

Écoute d'un audio pour réactiver l'expérience émotionnelle et sensorielle liée à la consommation du produit

### 2 MOUSE-TRACKING

Réalisation de la tâche de mouse-tracking (216 essais).

Consigne explicite (choix libre) : Pour chaque proposition qui apparaîtra à l'écran, vous devrez choisir entre d'accord et pas d'accord.



Illustration de la procédure expérimentale lors d'une étude du mouvement de la souris.

Responsables scientifiques et techniques

---  
 Martial Mermillod et Richard Palluel-Germain  
 Candice Francois, Market Vision

# Réduire les préjugés face au handicap en contexte professionnel : des outils pour l'entreprise

Segment de marché : Éducation et formation pour adulte

## Contexte industriel

GRDF est une grande entreprise française de distribution du gaz qui souhaite promouvoir une politique sociale ambitieuse. La direction des ressources humaines, à travers différents engagements, souhaite améliorer les dispositifs en faveur de l'inclusion professionnelle des personnes en situation de handicap. Au sein des entreprises, de nombreux préjugés font obstacle à cette inclusion et créent, parfois et involontairement, des situations de discrimination face auxquelles GRDF souhaite lutter efficacement.

## Objectifs

Les stéréotypes et les préjugés prennent une place parfois importante face aux décisions et il reste difficile de lutter contre. En psychologie sociale, certaines théories sur les relations intergroupes proposent des mises en situations qui semblent efficaces. Cependant, peu d'études ont été réalisées en contexte professionnel dans ce domaine. L'objectif est donc de proposer des situations plus ou moins immersives à des salariés et de tester les effets sur la réduction des préjugés face au handicap et particulièrement face au handicap psychique car il s'agit de la situation connotée la plus négativement dans la société et dans le domaine de l'emploi.

## Résultats obtenus/attendus

La théorie du contact intergroupe est efficace pour réduire les préjugés. D'autres modes de contact que le face à face sont possibles comme l'imagination ou la mise en situation. Ces contacts dits «imaginés» et «incarnés» ont peu été testés en entreprise et c'est ici, l'objectif. Ainsi, la finalité de ces travaux consiste à créer des outils de formation efficaces en entreprise, tels que des formations *e-learning* de type MOOC et des ateliers de sensibilisation, testés empiriquement et validés quant à leurs effets sur la réduction de la stigmatisation et la diminution des biais de jugement.

BASIC AND APPLIED SOCIAL PSYCHOLOGY  
<https://doi.org/10.1080/01973533.2019.1579779>

Routledge  
Taylor & Francis Group

Check for updates

### Can Imagination Reduce Prejudice Over Time? A Preregistered Test of the Imagined Contact Hypothesis

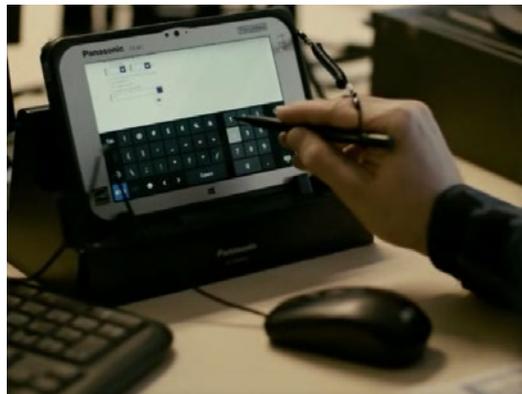
Jennifer Schuhl, Eric Lambert, and Armand Chatard

Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage (UMR CNRS 7295), Université de Poitiers, France

#### ABSTRACT

Research on the imagined contact hypothesis suggests that simply imagining a positive interaction with an out-group member can reduce prejudice toward stigmatized social groups. To date, however, it remains unclear whether imagined contact has transient or long-lasting effects. This preregistered study ( $N = 153$ ) tested the hypothesis that a single session of imagined contact is sufficient for reducing explicit and implicit prejudice toward a stigmatized social group and intergroup anxiety over several days. Highlighting the power of imagination, the results suggest that imagined contact could have long-lasting effects on explicit prejudice and intergroup anxiety.

Validation des interventions par la publication d'articles scientifiques



Outils numériques à visée de formation

## Responsables scientifiques et techniques

---

Doctorante : Jennifer Schuhl (Chargée de recherche chez GRDF)

Laboratoire : Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage (Poitiers)

Responsables scientifiques : Eric Lambert et Armand Chatard (Professeurs Univ. Poitiers)

Entreprise : Gaz Réseau Distribution France (Paris)

Responsable scientifique : Hélène Benard (Responsable Pôle Diversité, GRDF)

# Rédiger et prendre des notes



## Impact de l'encre interactive MyScript iink® sur le fonctionnement cognitif des utilisateurs

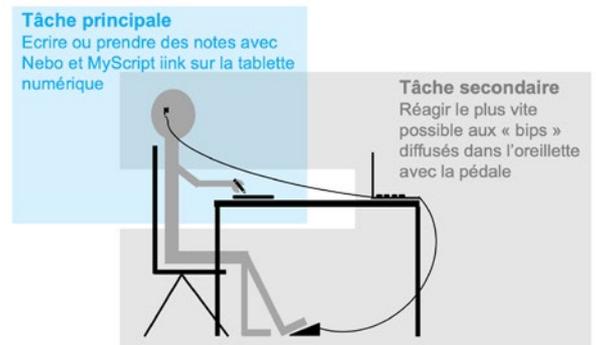
Segment de marché : Éducation et formation

### Contexte industriel

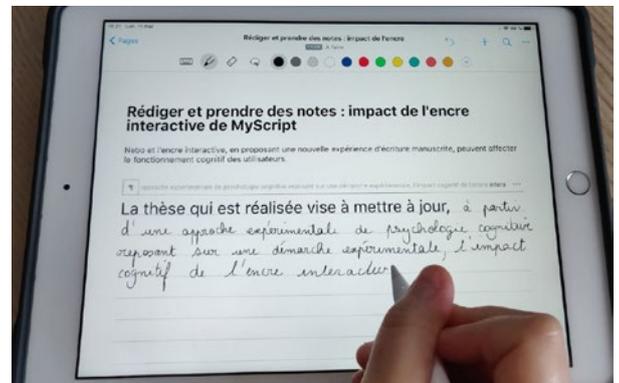
MyScript est un éditeur de logiciels qui développe une technologie basée sur une reconnaissance d'écriture manuscrite: l'encre interactive MyScript iink®. L'encre interactive permet d'écrire sur une interface numérique. Elle peut être reconnue et convertie en caractères typographiques, effacée, sélectionnée, partagée et sauvegardée facilement grâce aux possibilités qu'offrent des supports comme la tablette ou le smartphone... MyScript propose l'encre interactive à travers l'application Nebo®.

### Résultats obtenus/attendus

Nebo et l'encre interactive proposent une nouvelle expérience d'écriture manuscrite. La thèse vise à mettre à jour, à partir d'une approche de psychologie cognitive reposant sur une démarche expérimentale, l'impact cognitif de l'encre interactive sur l'effort cognitif des utilisateurs. D'un point de vue industriel, ces travaux permettront de définir des axes d'amélioration de l'encre interactive et de Nebo.



Situation de double tâche permettant d'évaluer l'effort cognitif des participants durant des tâches d'écriture



L'application Nebo avec MyScript iink

### Objectifs

L'écriture occupe une place importante dans l'éducation et pour les apprentissages. En effet, c'est en écrivant et en prenant des notes que les étudiants pourront comprendre et intégrer leur cours. L'application Nebo et l'encre interactive sont un compromis entre l'écriture manuscrite sur papier et l'écriture avec un ordinateur qui permet de bénéficier des atouts de la production écrite manuscrite tout en conservant les fonctions avancées des ordinateurs et des traitements de textes.

### Responsables scientifiques et techniques

---  
 Doctorante : Marie Lebrisse (UX Researcher)  
 Laboratoire : Centre de Recherche sur la Cognition et l'Apprentissage (Poitiers)  
 Responsable scientifique : Thierry Olive (Directeur de recherche CNRS)  
 Entreprise : MyScript (Nantes)  
 Responsable scientifique : Estelle Garcet (Lead UX Researcher)



# Table interactive multisensorielle DERi



Segment de marché : Santé et autonomie, Éducation

## Contexte industriel

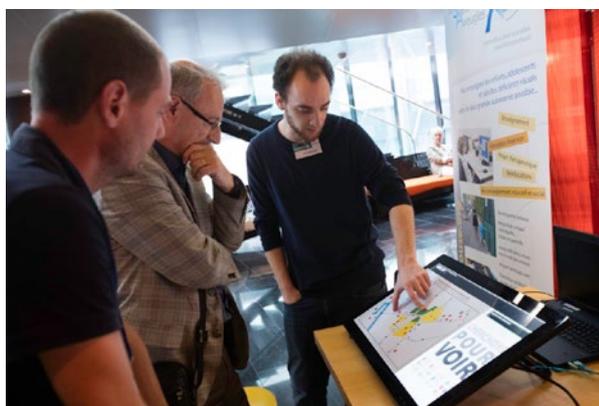
L'IRIT et l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse ont développé une table interactive multisensorielle appelée DERi. Elle permet d'améliorer l'accessibilité des graphiques dans de multiples contextes : les graphiques éducatifs dans un contexte scolaire, le plan d'un bâtiment ou d'une manifestation, un quizz éducatif, un plateau de jeu, etc.

## Objectifs

- Développer des interactions non-visuelles qui permettent de comprendre les graphiques
- Evaluer l'utilisabilité et l'acceptabilité du dispositif auprès des utilisateurs (personnes avec déficiences visuelles, enseignants spécialisés, programmeurs d'événements, etc.)
- Développer des prototypes fonctionnels pour différentes applications
- Trouver un partenaire industriel/prestataire pour la diffusion
- Trouver un modèle économique permettant de diffuser le dispositif dans les centres spécialisés, les établissements recevant du public, etc.

## Résultats obtenus/attendus

- Plusieurs publications internationales dans le domaine des sciences cognitives, de la psychologie, des technologies d'assistance et de l'Interaction homme-machine et dans des journaux «professionnels».
- Trois prototypes livrés (festival de rue de Ramonville (mairie/ARTO), deux centres d'éducation spécialisée : IJA et ASEI).



Le dispositif DERi lors des journées de la Fédération des Aveugles de France



Le dispositif DERi de la ville de Ramonville avec le plan multisensoriel de la ville



## Responsables scientifiques et techniques

---  
IRIT - Cherchons pour Voir  
Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse

# Rôle du blocage des connexines astrocytaires sur les performances mnésiques chez la souris

Segment de marché : Traitement de la maladie d'Alzheimer

## Contexte industriel

Dans le cerveau, les neurones sont associés à des cellules auxiliaires, les astrocytes. Loin d'être seulement des agents de maintenance et de protection des neurones, ces cellules gliales participent à l'activité des synapses notamment via la libération de substances neuro-actives. Les connexines sont des protéines qui forment des canaux impliqués dans la libération de ces substances, notamment au niveau de l'hippocampe, une région clé dans la régulation des processus mnésiques.

67

## Objectifs

- Développer de nouveaux outils permettant d'inactiver génétiquement les connexines astrocytaires
- Caractériser les effets de shRNA dirigés contre les connexines astrocytaires (Cx30/43) sur les troubles de mémoire induit par la scopolamine

## Résultats obtenus/attendus

Nos résultats indiquent que l'injection intra-hippocampique de shRNA dirigés contre les principales connexines astrocytaires (Cx30 et Cx43) diminue drastiquement l'expression de ces protéines dans l'hippocampe (Figure 1). Au niveau comportemental, alors que l'injection de scopolamine chez la souris induit des troubles mnésiques, cet effet est prévenu par l'association de donepezil (Aricept®) et le blocage génétique des connexines 30/43 (Figure 2).

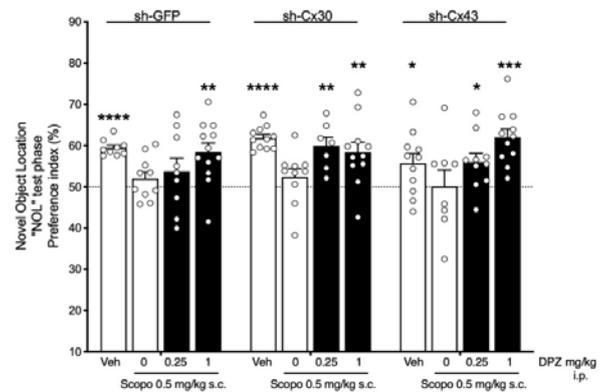


Figure 1 : Validation de l'inactivation intra-hippocampique des connexines astrocytaires à l'aide de shRNA

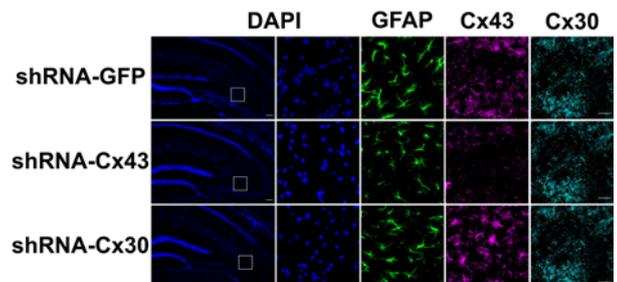


Figure 2 : Effet de l'inactivation des connexines astrocytaires sur les troubles mnésiques induits par la scopolamine

Responsables scientifiques et techniques

---

Bruno Guiard (Centre de Recherches sur la Cognition Animale) et Mathieu Charvériat (Theranexus)

# Effet d'actifs olfactifs sur les capacités mnésiques dans un modèle de stress chronique chez la souris

Segment de marché : Traitement des troubles mnésiques induits par le stress

## Contexte industriel

Une odeur peut évoquer une foule de souvenirs suggérant que l'odorat interagit avec les circuits neurobiologiques contrôlant la mémoire. Cette hypothèse est soutenue par l'existence d'interactions anatomiques et fonctionnelles entre certaines régions cérébrales sensorielles (cortex enthorinal) et celles impliquées dans les processus mnésiques (hippocampe) (Figure 1). Le stress chronique est connu pour altérer la mémoire en agissant sur ces circuits.

## Objectifs

- Valider l'effet de l'exposition chronique à la corticostérone sur les réponses comportementales associées au stress (émotion et mémoire) et la plasticité hippocampique
- Caractériser les effets de différents actifs olfactifs («citrus sinensis» / «curcumin») sur les déficits mnésiques induits par le stress

## Résultats obtenus/attendus

Comme attendu, nos résultats indiquent que l'administration chronique de corticostérone induit des effets de type anxio-dépressifs chez la souris associés à une diminution de la maturation de neurones dans le gyrus denté de l'hippocampe (Figure 2). Des expériences en cours évaluent les effets de la corticostérone, seule ou associée à différents additifs olfactifs, sur différentes formes de mémoire.

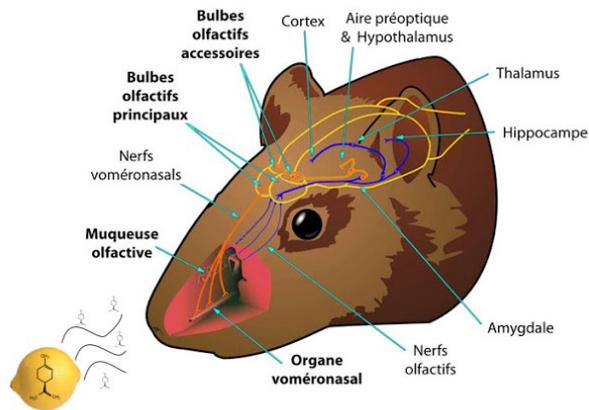


Figure 1 : Schéma mettant en évidence les liens anatomiques entre les circuits neuronaux de l'odorat et de la mémoire

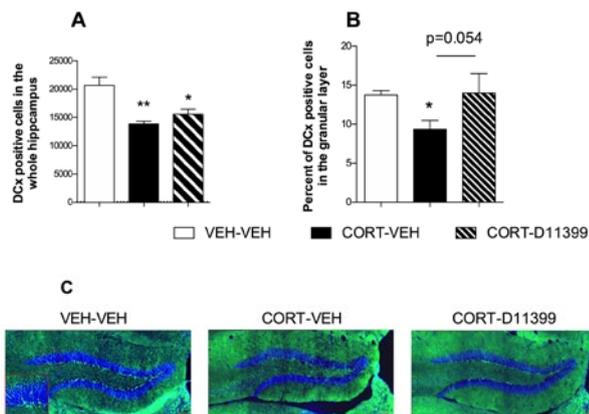


Figure 2 : Effets bénéfiques de «citrus sinensis» sur les anomalies comportementales et moléculaires induites par le stress

# Serious GaRS, Serious Game for Rehabilitation in Seniors

Segment de marché : Rééducation

## Contexte industriel

La société Médicapteurs (Balma, France) élabore et distribue des systèmes de mesures baropométriques. Un produit phare est la plateforme Win-Pod qui permet d'observer l'évolution des pressions plantaires en fonction du temps lors d'un test. L'analyse de ces données permet de diagnostiquer les capacités d'un sujet à s'équilibrer. Des jeux sont proposés aux patients qui l'incitent à déplacer son centre de pression en agissant sur la plateforme. Ce faisant il mobilise un avatar numérique et réalise des tâches virtuelles.

## Objectifs

Nous avons développé un système de plateformes en réseau sur la base du Win-Pod. Il permet de capter les pressions plantaires de plusieurs sujets agissant sur leur plateforme. Des jeux sérieux (*Serious Games*) ont été développés pour exploiter ces signaux et proposer des activités collectives basées sur les travaux du CRCA sur la cognition collective et l'organisation de groupes. Ainsi, les jeux s'inspirent des recherches effectuées sur le transport de charge chez la fourmi, sur la collecte de nectar chez le bourdon et sur les déplacements en banc des poissons. Les patients sont ainsi sollicités sur des aspects moteurs, cognitifs et sociaux.

## Résultats obtenus/attendus

Le système de plateforme en réseau et le logiciel ont été validés lors d'études menées aux thermes de Luchon. Les résultats montrent des progrès significatifs (+20%) sur des indices d'équilibration lors de protocole de rééducation intégrant le système comparativement aux patients traités classiquement. Par ailleurs, le jeu collectif est très bien perçu et l'appréhension du risque de chute significativement diminuée par les exercices proposés. Le jeu collectif semble donc apporter des bénéfices moteurs et psychologiques. Néanmoins, des études complémentaires sont requises pour évaluer un bénéfice potentiel en terme de socialisation.



Séance d'entraînement

# Optimiser les processus de recherche collective d'information dans un groupe humain

**Segment de marché :** Utilisation des traces digitales dans les processus décisionnels

## Contexte industriel

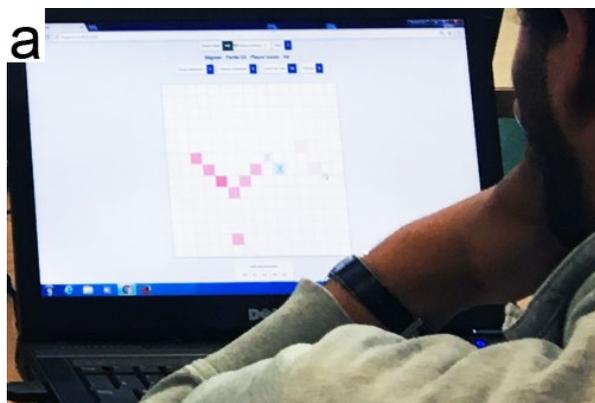
Dans nos sociétés numériques, les processus d'influence sociale sont très largement présents et souvent exploités dans les réseaux sociaux ainsi que dans le commerce électronique sur Internet. Cependant, malgré le développement de systèmes de notation et de recommandation, l'obtention d'évaluations fiables de services ou de produits demeure problématique.

## Objectifs

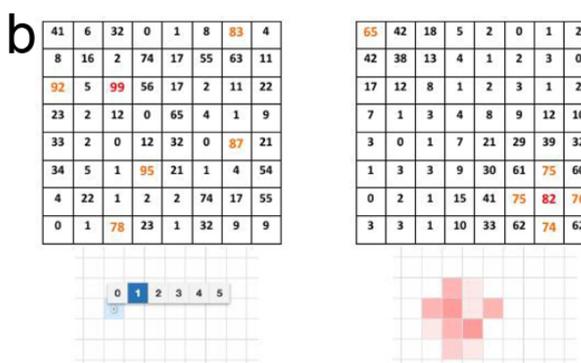
- Comprendre l'influence de diverses formes de traces digitales dans les processus décisionnels à l'échelle individuelle et leurs conséquences dans les dynamiques de choix collectif
- Développer des systèmes d'information destinés à accroître les capacités de collaboration et de coordination au sein de groupes humains

## Résultats obtenus/attendus

Ce projet combine l'analyse quantitative et la modélisation de processus décisionnels et de l'influence de facteurs environnementaux pouvant aider à la décision. La compréhension et la modélisation des processus qui gouvernent l'influence des traces digitales porteuses d'information sociale sur les choix individuels et collectifs constituent par ailleurs une étape essentielle pour permettre le développement d'algorithmes personnalisés d'aide à la décision ainsi que des systèmes artificiels d'intelligence collective basés sur le *nudging*.



a. Interface de l'application web interactive utilisée pour analyser l'influence des traces digitales dans les processus de recherche collective d'information.



b. Exemples de tableaux de nombres utilisés dans l'application (à gauche, une carte aléatoire ; à droite, une carte «douce») ; à chaque itération, les joueurs peuvent déposer des traces numériques sur les cases visitées qui adoptent une couleur dont la tonalité est proportionnelle à l'intensité des traces déposées.

# Activation d'objets intelligents par prononciation d'un mot d'éveil



**Segment de marché** : Semi-conducteurs, objets intelligents, haute technologie

## Contexte industriel

NXP est une entreprise internationale qui conçoit, fabrique et commercialise des semi-conducteurs qui équipent un très grand nombre d'appareils de haute technologie, utilisés par des industriels ou le grand public. L'innovation, la recherche et le développement sont primordiaux dans ce domaine, d'un point de vue matériel ou logiciel.

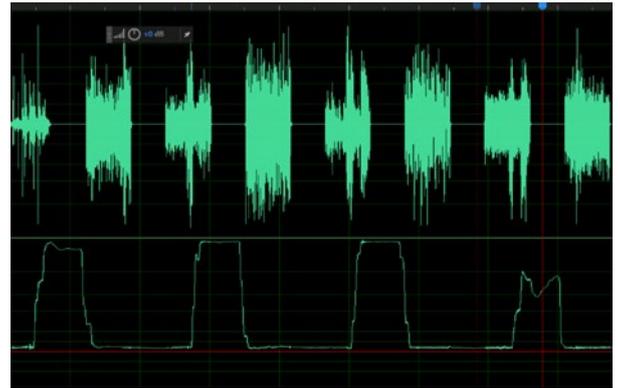
## Objectifs

Les dernières avancées dans le domaine du traitement automatique de la parole rendent aujourd'hui possible l'étude de l'implémentation de systèmes automatiques de traitement de la parole dans des environnements bruités. L'objectif de cette collaboration est de concevoir et mettre en œuvre un démonstrateur d'activation d'objets intelligents par mot d'éveil. Un challenge supplémentaire à la robustesse au bruit porte sur l'environnement matériel aux ressources contraintes (puissance de calcul et mémoire) sur lequel le démonstrateur doit fonctionner.

## Résultats obtenus/attendus

Un démonstrateur compétitif a été conçu et porté sur du matériel NXP.

Il a été validé selon des benchmarks rigoureux établis par un des acteurs majeurs du domaine.



Comportement en configuration bruitée



«Alexa» sur NXP RT1060

# Le numérique comme outil pédagogique pour l'apprentissage de la lecture

Segment de marché : Éducation et formation

## Contexte industriel

Graphogame (GG) est un environnement informatique complet et unique (voir <https://graphogame.com/>). Le contenu de la version française de Graphogame a été développé au LPC par Johannes Ziegler et Liliane Sprenger-Charolles. Ce contenu est présenté sous forme de jeux (voir Figure ci-contre pour quelques exemples), découpé en unités pédagogiques et élaboré à partir de grandes bases de données psycholinguistiques et des programmes et manuels scolaires.

## Objectifs

- Présentation simultanée audio-visuelle de haute qualité → COUPLAGE, SYNCHRONISATION
- Correction immédiate des erreurs → APPRENTISSAGE SUPERVISÉ
- Suivi de l'enfant et adaptation à son niveau → APPRENTISSAGE INDIVIDUALISÉ
- Progression systématique, du plus facile au plus complexe → SYSTÉMATICITÉ
- Répétition massive → AUTOMATICITÉ
- Ludique, l'élève est en situation de réussite → MOTIVATION, CONFIANCE, RÉUSSITE

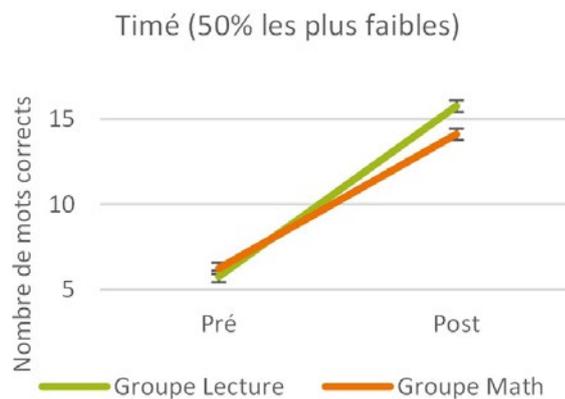


## Résultats obtenus/attendus

Validation à grande échelle (1 000 élèves). Pour les 50% d'élèves les plus faibles, GG produit un bénéfice de lecture significatif de 85% d'écartype par rapport à un entraînement en maths. L'enseignant gagne du temps en déléguant des tâches répétitives et fastidieuses à l'ordinateur, il peut suivre les enfants avec des indicateurs et repères quantitatifs, il augmente le temps effectif engagé dans le code. Le logiciel est disponible gratuitement sur Apple Store et Google Play.



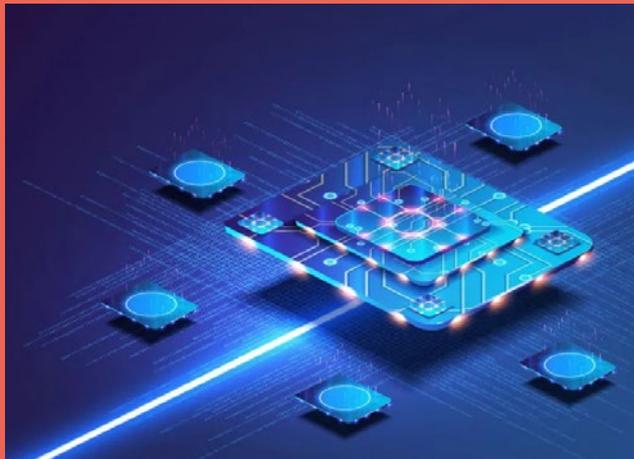
Exemples de jeux proposés



Résultats d'une étude auprès de 1 000 enfants dans l'académie Aix-Marseille



# L'Intelligence Artificielle



L'Intelligence Artificielle (IA) est transverse à toutes les activités de l'Institut.

Intelligence Naturelle (IN en Sciences cognitives) et Intelligence Artificielle sont étroitement couplées, à la fois d'un point de vue théorique et d'un point de vue fonctionnel. D'un point de vue théorique, l'IA fournit des outils et des modèles à l'IN, qui propose des sources d'inspiration à l'IA. D'un point de vue fonctionnel, l'IN fournit des méthodes d'évaluation et des stratégies d'adaptation aux développements de l'IA, qui fournit en retour des produits et services pour réparer, compléter, assister l'IN.

Ces deux boucles traversent les 4 axes de recherche de l'Institut.

*Jean Baratgin (CHArt), Christophe Labourdette (Centre BORELLI), Jean-Luc Schwartz (GIPSA Lab), Dominique Longin (IRIT), Boris Burle (LNC), Christophe Jouffrais (IRIT), Jean Lorenceau (Fondation Cognition), Célestin Sedogbo (IMS) - Membres du Bureau Opérationnel*

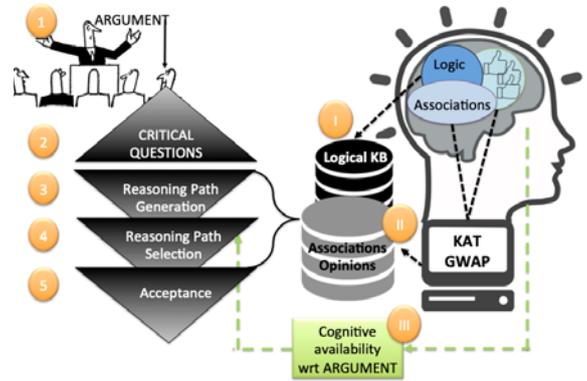
# L'IA ne peut être que cognitive et cognitivement adaptée

L'engouement actuel pour l'intelligence artificielle connexionniste repose sur la révolution algorithmique du calcul aléatoire et neuronal, l'énorme quantité de données brutes désormais disponible et exploitable et la puissance des processeurs. Les approches en vue dans la conception des moteurs d'intelligence artificielle reposent pour une large part sur les modèles de l'apprentissage profond (*deep learning*) associés aux divers paradigmes d'apprentissage (supervisé, non-supervisé, par renforcement...) et les données d'apprentissage dont la quantité permet désormais de concevoir des systèmes qui convergent au terme d'énormes quantités de calculs. On voit fleurir les systèmes copiant sans intelligence aucune des comportements qui semblent humains et qui permettent de mieux comprendre les tenants et les aboutissants de l'apprentissage machine. Mieux comprendre les succès et les limites des approches algorithmiques permet d'aller plus loin dans les aspects mécaniques de l'intelligence.

75

Il en résulte une suprématie sans contexte de ces approches statistiques, boîtes noires dont le fonctionnement n'est pas explicite, posant ainsi des questions nouvelles d'acceptabilité pour les usagers, d'explication et de confiance. Le continent nord-américain qui domine largement ce courant a compris ces freins à venir et se concentre désormais sur le nouveau concept de *white IA*, c'est-à-dire des mécanismes complémentaires au *machine learning*, qui modélisent a posteriori le résultat pour tenter de le rendre explicite, intelligible et acceptable pour un humain.

Cependant, ces approches, largement mises sur la place publique, posent des problèmes majeurs de «confinement technique» : un système développé pour une application donnée n'est pas aisément transférable à une autre application, là où l'intelligence humaine sait parfaitement «transférer» une connaissance acquise vers d'autres domaines d'application, et générer ainsi des savoirs transversaux extrêmement puissants. Par ailleurs, ces développements à base de données massives ne doivent pas faire oublier les nombreux travaux qui portent sur les domaines où les données sont moins nombreuses, difficiles ou impossible à obtenir, et où la coopération entre intelligence artificielle et intelligence humaine est un enjeu central.



L'intelligence artificielle dans sa dimension cognitive («l'IA symbolique», par opposition à l'IA connexionniste) a justement pour but de pallier le manque de données par des règles de raisonnement générales intégrant divers résultats issus des sciences cognitives (analyse du langage, des émotions, du raisonnement intuitif, des mécanismes d'analyse de scènes complexes, de décision sous stress, des influences des autres sur nous-mêmes, etc.). Une intelligence artificielle «cognitive» remet dans son corps de doctrine l'alliance fondamentale entre informatique et psychologie, et jusqu'aux neurosciences. Elle s'irrigue d'une démarche expérimentale essentielle en allant interroger l'intelligence humaine et ses capacités sensorielles, motrices, langagières, sociales. Elle irrigue en retour les sciences humaines et sociales et les sciences de la vie en les dotant de modèles et d'outils essentiels à leurs développements. Elle a néanmoins grand besoin d'une science des données, en pleine expansion, pour transcrire le comportement dans un monde numérique.





D'un point de vue historique, il est d'ailleurs nécessaire de rappeler que cette «alliance renouvelée» entre l'intelligence artificielle et les sciences cognitives n'est en réalité qu'un nécessaire retour aux origines. On pourra en effet se reporter à l'article de Herbert Simon, fondateur historique du domaine de l'intelligence artificielle et publié en 1995 dans *Artificial Intelligence*, la revue phare du domaine.

C'est cette vision de l'intelligence artificielle & cognition qui est défendue par l'Institut Cognition à la confluence de deux tendances que sont :

- La création de modèles explicites (règles, représentations, etc.) dans la tradition des sciences cognitives, enrichis par des données d'apprentissage qui renforcent considérablement la puissance prédictive de ces modèles, en leur conférant un pouvoir explicatif contingent. De manière essentielle, ces modèles explicites renforcés par les données d'apprentissage se prêtent intrinsèquement aux évaluations cognitives de toutes formes, de l'adaptabilité aux besoins à l'acceptabilité éthique.
- L'introduction de mécanismes cognitifs dans les approches de *deep learning*, tels que la gestion de la mémoire ou du temps, conférant ainsi à ces intelligences artificielles une capacité d'intelligence plus naturelle et agile.

Il est temps de dépasser le clivage historique connexionniste-symbolique et de travailler à une fusion de ces deux approches. La collecte des données, la garantie de la qualité et la prise en compte du facteur humain doivent être conduits avec une rigueur qui mêle étroitement les mathématiques et les sciences humaines.

Les systèmes cognitifs représentent l'avenir, c'est-à-dire le «coup d'après», celui du futur de l'intelligence artificielle et de sa réelle adaptation aux besoins humains.

## Les sciences et technologies de la cognition peuvent donner à la France l'opportunité de devenir un acteur majeur et un émulateur mondial par sa maîtrise des principes cognitifs et des technologies cognitives sous-jacentes.

76

### Pour en savoir plus

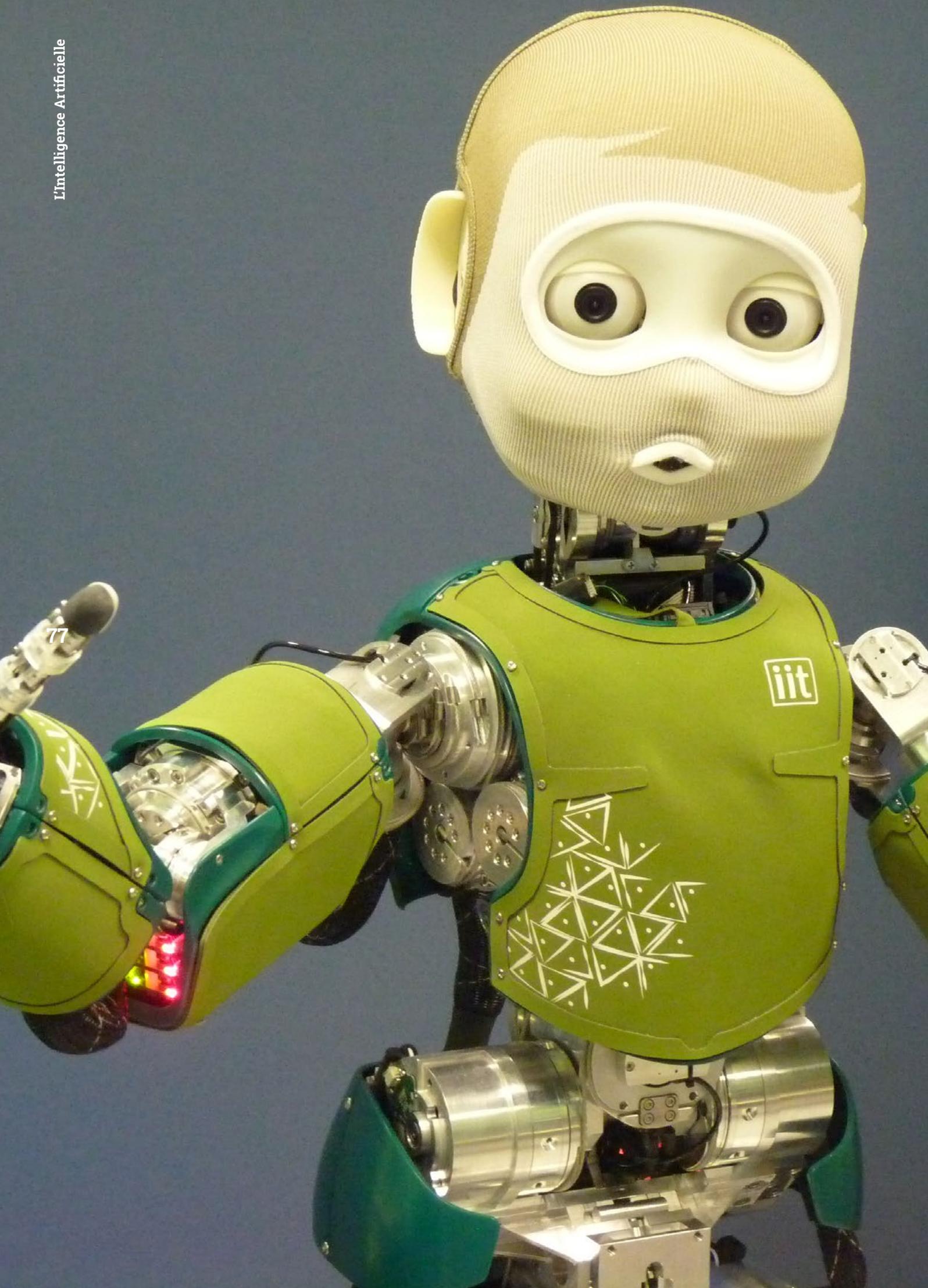
---

- Dupin de Saint-Cyr F., Guillaume R., Mushtaq O. *Explainable Decisions under Incomplete Knowledge with Supports and Weights*. In : IEEE International Conference on Fuzzy Systems 2019

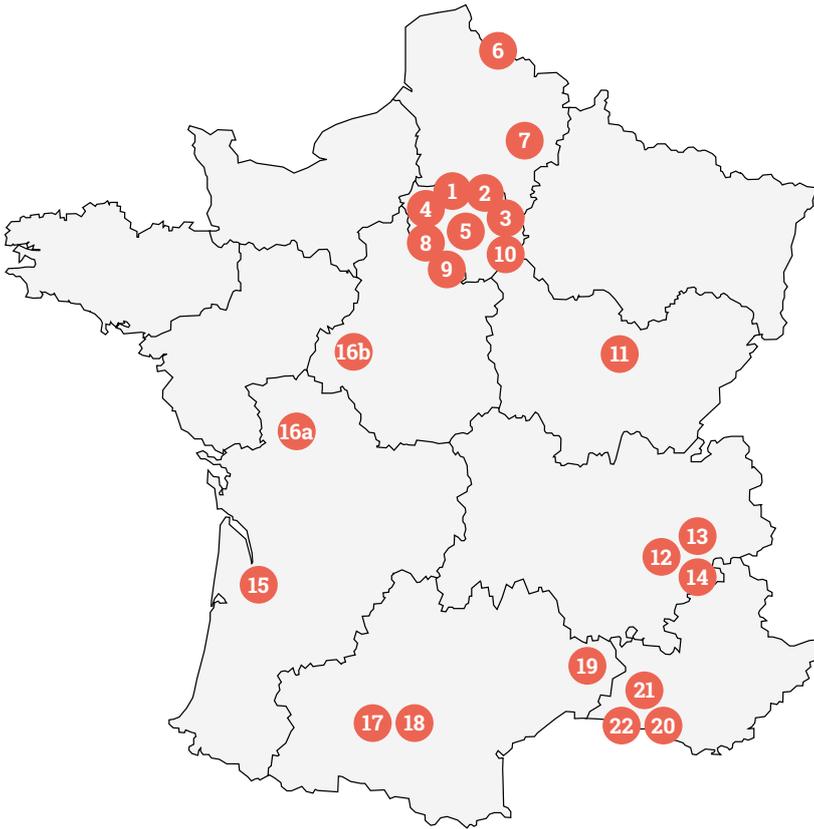
- Parmentier JF., Silvestre F., *La (dé-)synchronisation des transitions dans un processus d'évaluation formative exécuté à distance : impact sur l'engagement des étudiants*, 9<sup>ème</sup> Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2019) p. 97—108 – 2019

- Vidal, F., Burle, B., & Hasbroucq, T. (2020). *Errors and Action Monitoring: Errare Humanum Est Sed Corrigere Possibile*. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 453. (numéro spécial consacré au thème «Neuroergonomics» )

- C. Dubost, P. Humbert, A. Benizri, J.P. Tourtier, N. Vayatis, P.-P. Vidal. *Electroencephalogram selection of the frontal F8 channel to predict the depth of anesthesia*. *Frontiers in Computational Neuroscience*. doi: 10.3389/fncom.2019.00065.



# Nos laboratoires



- 1 CHART**  
Laboratoire Cognition 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 ENSADLab, 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 LIMSI**  
Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur, Orsay
- 10 Centre Borelli**  
Cachan
- 11 LEAD**  
Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement, Dijon
- 12 GIPSA LAB**  
Laboratoire Grenoble Images Parole Signal Automatique, Saint-Martin d'Hères
- 13 LIG**  
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, Saint-Martin d'Hères
- 14 LPNC**  
Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, Grenoble
- 15 IMS**  
Laboratoire «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







DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Célestin Sedogbo

----

CONCEPTION ET RÉALISATION

Gaël Rolland

----

IMPRESSION

A.C.S.D., Bordeaux

----

COPYRIGHT VISUELS

Institut Cognition, Fotolia

----

Ce Yearbook 2019 a été édité en juillet 2020.

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  
**cognition**

Institut Cognition - ENSC Bordeaux INP  
109 avenue Roul, 33400 Talence  
+33 (0)5 57 00 67 40

[contact@institut-cognition.com](mailto:contact@institut-cognition.com) - [direction@institut-cognition.com](mailto:direction@institut-cognition.com)