

Sujet de M2 « Sciences Cognitives »

Modélisation probabiliste de la perception et de la mémoire de travail, incluant attention visuelle et rafraichissement attentionnel

Cadre théorique

Ce projet concerne la modélisation computationnelle des systèmes cognitifs, à l'intersection interdisciplinaire entre la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle. Nous nous intéressons à la modélisation des systèmes perceptifs et mémoriels, et plus précisément, aux stratégies attentionnelles et visuo-attentionnelles pour l'encodage, le maintien et le rappel des informations perceptives. De nombreux modèles existent dans ce domaine, et sont en général issues d'un des sous-domaines d'étude : les modèles de perception focalisent sur le traitement de l'information sensorielle et son encodage, sans préciser comment elle est maintenue ensuite ; à l'inverse, les modèles de mémoire focalisent sur le maintien de l'information encodée, sans préciser les processus de traitement sensoriels. Dans les deux cas cependant, l'attention est un mécanisme permettant de répartir au mieux les ressources de traitement, soit pour optimiser le traitement sensoriel, soit pour garantir le maintien efficace de l'information en mémoire.

Objectif

L'objectif général de ce projet est de caractériser théoriquement et expérimentalement, en simulation, deux familles de modèles computationnels qui incluent des mécanismes attentionnels issus respectivement des domaines de la perception et de la mémoire de travail, pour définir un nouveau modèle intégrant les englobant.

Travail demandé

Dans l'équipe, nous avons développé indépendamment deux classes de modèles, dans le contexte commun du traitement visuel de stimuli comme des séquences de lettres ou de chiffres. La première est la famille des modèles BRAID (Ginestet et al., 2019 ; 2022), de reconnaissance visuelle de mots et de l'apprentissage de la lecture. La seconde étend (Lemaire et al., 2021) la famille des modèles TBRS* (Oberauer & Lewandowsky, 2011), de la mémoire de travail et du rafraichissement attentionnel. Les modèles BRAID sont probabilistes, décrivent en détail le traitement de l'information visuelle pour l'identification des lettres, et disposent d'un mécanisme attentionnel pour moduler la prise d'information visuelle au cours de la lecture. Les modèles TBRS* sont connexionnistes, décrivent en détail les mécanismes de maintien en mémoire de travail de l'information, et disposent d'un mécanisme attentionnel pour décrire les stratégies de rafraichissement.

Dans une étude théorique, nous comparerons ces deux modèles entre eux, et avec d'autres modèles de la littérature (TVA de Bundesen et al., (1990), Diffusion Drift Model (Ratcliff, 1978), WorkMATE de Kruijne et al. (2021), etc.). Nous identifierons les points communs et les différences de ces classes de modèles, aussi bien vis-à-vis de leur expression mathématique que des hypothèses théoriques qu'elles contiennent ; nous identifierons, le cas échéant, les points d'incompatibilité. Dans une étude expérimentale par des simulations informatiques, nous identifierons les données comportementales dont chaque classe de modèle rend compte, et le « cahier des charges



comportemental », c'est-à-dire l'ensemble des effets attendus, dont un modèle intégratif devra rendre compte.

Nous proposerons ensuite un modèle intégratif, avec deux points d'entrée principaux. D'une part, nous extrairons du modèle BRAID le sous-modèle minimal nécessaire pour le connecter au modèle TBRS*, en conservant notamment le modèle visuo-attentionnel de filtrage du traitement sensoriel ; d'autre part, nous proposerons une implémentation probabiliste de TBRS*, conservant notamment le mécanisme de rafraîchissement attentionnel. Nous montrerons ainsi comment les mécanismes attentionnels de filtrage de l'information sensorielle et de maintien de l'information en mémoire sont unifiés dans le modèle. Enfin, nous réaliserons des simulations pour montrer que le modèle intégratif répond au cahier des charges comportemental, et crée bien un pont entre les domaines de la modélisation perceptive et de la modélisation de la mémoire de travail. En particulier, ces simulations permettront de prédire les conséquences de l'hypothèse théorique selon laquelle les ressources attentionnelles sont communes à la perception et au maintien en mémoire : lorsque l'attention est fortement sollicitée par un des deux mécanismes, l'autre devrait en pâtir.

Profil du candidat

Le candidat devra idéalement avoir une formation en programmation et simulation informatique, et une affinité pour la modélisation mathématique et la psychologie expérimentale : étudiants en Sciences Cognitives ou en Informatique (pour les étudiants d'autres profils, n'hésitez pas à nous contacter). Des connaissances préalables en probabilités sont un plus, mais ne sont pas indispensables.

Contacts

Julien Diard (LPNC, équipe Langage, CNRS) : julien.diard@univ-grenoble-alpes.fr
Benoit Lemaire (LPNC, équipe Mémoire, UGA)
Sophie Portrat (LPNC, équipe Mémoire, UGA)

Financement

Le stage sera indemnisé au tarif habituel.

Références

- Bundesden, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4):523–547.
- Ginestet, E., Phénix, T., Diard, J., and Valdois, S. (2019). Modeling the length effect for words in lexical decision: The role of visual attention. *Vision Research*, 159:10–20.
- Ginestet, E., Valdois, S., and Diard, J. (2022). Probabilistic modeling of orthographic learning based on visuo-attentional dynamics. *Psychonomic Bulletin & Review*.
- Kruijne, W., Bohte, S., Roelfsema, P., Olivers, C. (2021) Flexible Working Memory Through Selective Gating and Attentional Tagging. *Neural Comp.*, 33(1): 1–40.
- Lemaire, B., Heuer, C., and Portrat, S. (2021). Modeling articulatory rehearsal in an attention-based model of working memory. *Cognitive Computation*, 13:49–68.
- Oberauer, K., Lewandowsky, S. (2011) Modeling working memory: a computational implementation of the Time-Based Resource-Sharing theory. *Psychon Bull Rev*, 18(1):10–45.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85(2):59–108.