

## Mémoire visuelle, biométrie et cybersécurité

*Proposition de sujet de thèse co-encadrée par  
Antoine Gallais et Enka Blanchard*

An english version is available at <http://koliaza.com/biometrics-thesis-en.pdf>.

### Résumé

Cette thèse a deux objectifs centraux :

- analyser rigoureusement les limites de la capacité humaine à reconnaître des images précédemment vues ;
- optimiser la vitesse à laquelle un système informatique peut détecter la reconnaissance — ou non — d'un stimulus visuel à partir du réflexe pupillaire.

### Background

La capacité humaine à reconnaître des images est étudiée depuis les années 1960 [9, 7], et est généralement bien supérieure à la capacité à reconnaître et retrouver des mots précédemment montrés, même avec un délai de plusieurs mois entre les stimuli. De plus, cette reconnaissance est partiellement pré-consciente. Lorsqu'un stimulus visuel est présenté, un pré-traitement dans le cortex visuel affecte la dilatation de la pupille avant même que le sujet ait conscience du stimulus, et il est possible d'inférer la nouveauté du stimulus à partir de la vitesse de dilatation pupillaire [8, 6, 4, 5].

Ce projet s'inscrit dans la continuité de recherches menées par Enka Blanchard et Ted Selker au cours des 3 dernières années [2, 1]. Les personnes aux profils recherchés<sup>1</sup> doivent être intéressées par l'informatique (modélisation, analyse de données, développement) et les sciences cognitives (théoriques et expérimentales), et doivent avoir des compétences (niveau M2 recherche) sur au moins l'un de deux domaines à priori (mais nous étudierons tous les dossiers). Les personnes aux profils interdisciplinaires ou non-standards et ayant des compétences variées sont particulièrement encouragées à postuler.

### Questions de recherche et méthodes

Selon les compétences de la personne éventuellement recrutée, plusieurs pistes de recherche complémentaires sont envisageables, dans le but de répondre à ces questions (entre autres) :

---

1. Il ne sera fait aucune discrimination sur les questions de genre, d'âge, d'ethnicité ou de handicap (entre autres).

- À quel point la présentation d'un stimulus similaire à un stimulus précédemment vu crée-t-elle des faux positifs ?
- Comment la mémorisation des images est-elle affectée par le type d'image (thématique et stylistique) ? Qu'en est-il d'une image transformée, découpée, ou d'une mosaïque d'images (certaines étant connues) ?
- Les performances du réflexe pupillaire sont-elles uniformes — par rapport à la mémoire consciente — face aux variations ci-dessus ?
- Comment ce réflexe est-il affecté par la répétition fréquente d'un même stimulus ?
- Est-il possible d'inférer avec précision la reconnaissance ou non d'une série d'images en les présentant à vitesse élevée (0.1-1.0s par image) ?

Le travail de recherche envisagé implique le design d'expérience (en ligne et en laboratoire) afin d'effectuer des études empiriques exploratoires portant sur les questions ci-dessus. Cela sera suivi de la modélisation mathématique des réactions oculaires (afin d'obtenir un système prédictif), et la validation empirique postérieure du système. Selon le profil et les compétences de la personne recrutée, cela inclura aussi la mise en application des outils développés (notamment logiciels).

Le déroulement pressenti de cette thèse prévoit une phase initiale avec une introduction à ces thématiques par une fouille bibliographique en parallèle de la réalisation d'expériences simples en distanciel sur la mémoire visuelle, avant de procéder à des expériences en laboratoire sur équipement spécialisé — en commençant par une réplique d'expérience existante. Des données préliminaires d'expérience ont déjà été collectées et permettront de guider ces premières étapes.

## Débouchés potentiels

Au-delà des questions purement théoriques, ce projet a aussi des débouchés réels. À ce jour, il a déjà donné des résultats dans des domaines comme le vote sécurisé (non-électronique) [1], et ces recherches s'inscrivent aujourd'hui dans un projet visant principalement à développer des nouvelles méthodes d'authentification pour la cybersécurité [2]. Une ouverture potentielle vers les sciences cognitives permettrait une analyse des coûts conscients de mémorisation/reconnaissance et l'exploration de ces processus ainsi que de ceux de calcul mental [3].

## Encadrement

La thèse se déroulera au Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines, à Valenciennes (Nord), où travaillent plus de 250 personnes dont 80 doctorant-e-s. Le LAMIH est une unité mixte de recherche (UMR 8201 entre le CNRS et l'UPHF), divisé en quatre départements (Automatique, Mécanique, Informatique, Sciences de l'Homme et du Vivant), et possède de nombreux équipements facilitant les expériences biométriques à réaliser. La thèse sera co-encadrée par Enka Blanchard (encadrante principale) Antoine Gallais (directeur et co-encadrant).

Antoine Gallais (<https://antoine-gallais.github.io/>) est professeur des universités (PU) en informatique, membre de l'INSA Hauts-de-France et du LAMIH (UMR 8201). Ses domaines de recherche incluent les réseaux (sans fil, de capteurs et d'actuateurs), l'Internet des Objets, la cybersécurité, l'évaluation de performance et la tolérance aux pannes.

Enka Blanchard (<http://koliaza.com>) est une chercheuse transdisciplinaire chargée de recherche au CNRS en informatique (section 6), membre du LAMIH depuis 2021 et chercheuse associée au Centre Internet et Société (UPR 2000). Ses recherches intersectent plusieurs domaines dont l'utilisabilité de la sécurité, les interactions humains-machines, les systèmes de vote, les mathématiques discrètes et la géographie du handicap.

## Conditions de travail et procédure à suivre

Le poste est à pourvoir à partir de janvier 2022 mais restera ouvert jusqu'à sélection d'une personne appropriée pour le poste. Le document à l'adresse officielle (<http://koliaza.com/biometrics-thesis-fr.pdf>) sera corrigé une fois que le poste sera pourvu.

Les personnes ayant des obligations pendant la première moitié de 2022 sont encouragées à postuler en avance (nous préférons avoir une personne appropriée et attendre qu'elle soit disponible). Il est aussi possible de commencer par un stage de M2 au sein du laboratoire (<http://koliaza.com/biometrics-stage-fr.pdf>). Les modalités de départ sont à discuter ensemble (et un distanciel partiel est potentiellement envisageable, au moins sur le début du contrat). Le contrat doctoral est prévu pour 3 ans avec un salaire de 1758€ brut par mois (fixé par le ministère). Cela peut être complété par un monitorat avec une charge d'enseignement à partir de la deuxième année de thèse.

Pour postuler obtenir plus de renseignements, veuillez envoyer un email avec un CV en pièce jointe à [enka.blanchard@gmail.com](mailto:enka.blanchard@gmail.com). Un entretien détaillé sera organisé avec les candidat-e-s après quelques échanges par mail.

## Références

- [1] Enka Blanchard, Sébastien Bouchard, and Ted Selker. Visual secrets, a new human security primitive. Preprint available at <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03133412>.
- [2] Enka Blanchard, Siargey Kachanovich, Ted Selker, and Florentin Waligorski. Reflexive memory authenticator : A proposal for effortless renewable biometrics. In Andrea Saracino and Paolo Mori, editors, *Emerging Technologies for Authorization and Authentication - Second International Workshop, ETAA 2019, Luxembourg City, Luxembourg, September 27, 2019, Proceedings*, volume 11967 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 104–121. Springer, 2019.
- [3] Enka Blanchard, Ted Selker, and Florentin Waligorski. Towards an empirical cost model for mental password algorithms. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '20, page 1–8, 2020.
- [4] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. Memory, emotion, and pupil diameter : Repetition of natural scenes. *Psychophysiology*, 52(9) :1186–1193, 2015.
- [5] Sean Cody. Do only the eyes have it? Predicting subsequent memory with simultaneous neural and pupillometry data. Master's thesis, The Ohio State University, 2015.
- [6] Carlos Alexandre Gomes, Daniela Montaldi, and Andrew Mayes. The pupil as an indicator of unconscious memory : Introducing the pupil priming effect. *Psychophysiology*, 52(6) :754–769, 2015.
- [7] Geoffrey R. Loftus. Eye fixations and recognition memory for pictures. *Cognitive Psychology*, 3(4) :525–551, 1972.
- [8] Marnix Naber, Stefan Frässle, Ueli Rutishauser, and Wolfgang Einhäuser. Pupil size signals novelty and predicts later retrieval success for declarative memories of natural scenes. *Journal of vision*, 13(2) :11–11, 2013.
- [9] Roger N. Shepard. Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6 :156–163, 02 1967.