

# Modélisation du traitement de l'information visuelle durant la locomotion à partir de systèmes artificiels bio-inspirés :

## *Applications pour l'aide à la navigation chez les patients aveugles*

**Objet** : Offre de stage de fin d'école d'ingénieur / M2 pour un projet collaboratif entre deux laboratoires de recherche basés à Toulouse (le Cerco et l'IRIT) et l'entreprise Global Sensing Technologies (GST basée à Dijon)

**Quand** : stage initial de 5 à 6 mois, entre février et juillet 2019

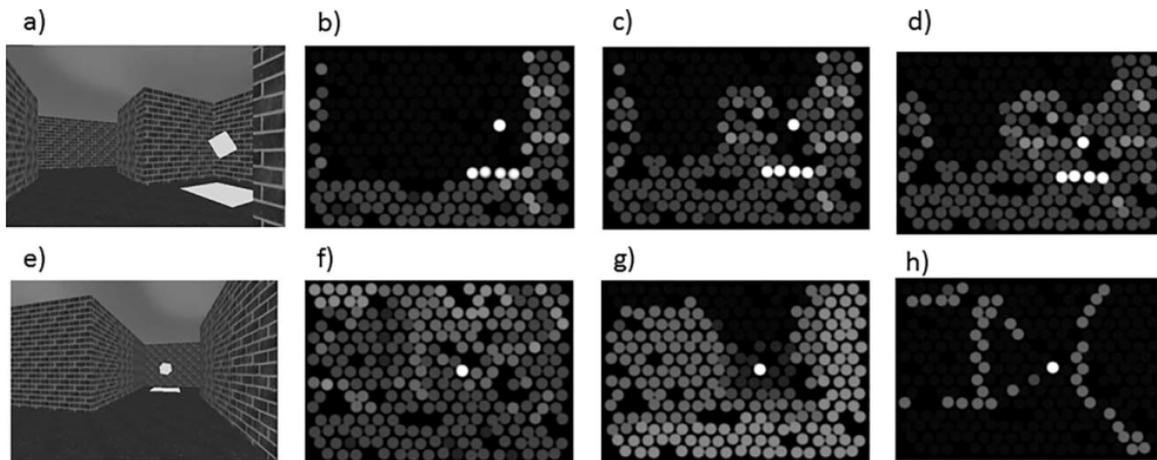
**Sujet** : Lorsque nous nous déplaçons, notre système nerveux traite différents types de signaux visuels afin de faciliter notre navigation. Ces signaux permettent par exemple d'estimer notre trajectoire ainsi que celle des objets environnants afin d'éviter les collisions. Reproduire ces traitements sur des systèmes artificiels constituerait une avancée technologique majeure pour l'aide à la navigation chez les personnes aveugles, notamment dans le contexte de patients ayant reçu des implants rétiniens. Les systèmes de vision artificiels les plus récents sont néanmoins très loin de reproduire les performances observées chez le vivant et en particulier chez l'homme. Cet échec est en grande partie dû au fait qu'ils analysent l'information visuelle de façon séquentielle (i.e. image après image), ce qui mène à des temps de calcul trop importants. Ces systèmes sont également basés sur des algorithmes préétablis qui ne peuvent pas s'adapter à des changements d'environnement (e.g. navigation en intérieur vs en extérieur). Le but de ce projet est de surmonter ces limitations à partir d'une approche multidisciplinaire qui permettra de :

- 1) Modéliser comment l'information utile à la navigation est traitée par le cerveau**
- 2) Déterminer si ces modèles peuvent être utilisés pour améliorer l'assistance à la navigation chez les patients aveugles**

Le modèle à développer (1) sera bio-inspiré et devra se baser sur le fonctionnement du système visuel chez le primate. L'échantillonnage des signaux d'entrée sera effectué par des caméras asynchrones ('spikantes') comparables à la rétine. Ces caméras sont développés par l'entreprise GST et transmettent un signal ('spike') seulement quand un changement est détecté dans les entrées, ce qui permet de réduire drastiquement la quantité d'informations à analyser (voir <https://gsensing.eu/fr/category/sections/products>). Le traitement de ces données asynchrones sera effectué par un réseau de neurones artificiels régulé par une règle d'apprentissage non supervisée et basée sur la latence des spikes, la 'Spike Timing Dependent Plasticity' ou STDP. Le premier objectif du stage sera de développer ce

modèle, puis de tester si dans différentes conditions de navigation, celui-ci devient sélectif aux propriétés utiles pour la locomotion (e.g. pour déterminer la direction de la trajectoire ou éviter les collisions).

Dans un deuxième temps, le stage consistera à tester si les réponses du système peuvent améliorer les stratégies de restitution de l'information visuelle qui sont actuellement utilisées chez des patients aveugles ayant reçu un implant rétinien. Pour cela, des tests de perception visuelle seront effectués dans des environnements de réalité virtuelle à partir de simulations utilisant ou non les informations détectées par le modèle (voir Figure ci-dessous).



**Figure :** Simulations de l'information transmises par des implants rétiniens lors de la navigation au sein d'un environnement en réalité virtuelle. a) et e) Scènes en vision normales. b) à d) et f) à h) Différents types de restitution de l'information de navigation.

**Ce projet implique deux laboratoires du CNRS (le Cerco et l'IRIT à Toulouse) et une entreprise (GST à Dijon). Il sera co-supervisé par trois chercheurs :**

- Benoit Cottureau, CerCo (Equipe ECO-3D), Toulouse.
- Christophe Jouffrais, IRIT (Laboratoire Cherchons pour Voir), Toulouse.
- Michel Paindavoine, GST, Dijon.

**Lieu :** Le/la candidat(e) recruté(e) sera localisé(e) au laboratoire CERCO (Toulouse) et devra faire l'interface avec l'IRIT (Toulouse) et GST (Dijon).

**Compétences requises :**

- Connaissance forte en électronique, et volonté de s'ouvrir vers le domaine des neurosciences
- Connaissances en traitement du signal-image et en réseaux de neurones artificiels
- Programmation en langage VHDL pour des cibles FPGA

- Programmation en langages Matlab, Python et C++ pour les simulations du réseau de neurones
- Un gout pour la recherche pluridisciplinaire
- Capacité à devenir progressivement autonome dans un projet, une fois la feuille de route définie
- Capacité à faire le lien entre deux domaines et à interagir avec différentes équipes de recherche
- Goût pour l'expérimentation
- Maîtrise de l'anglais

### **Publications en lien avec le projet :**

- Chauhan, T., Masquelier, T., Montlibert, A., & Cottureau, B. R. (*In press*). Emergence of binocular disparity selectivity through Hebbian learning. *Journal of Neuroscience*.
- Cottureau, B. R., Smith, A. T., Rima, S., Fize, D., Héjja-Brichard, Y., Renaud, L., ... & Durand, J. B. (2017). Processing of egomotion-consistent optic flow in the rhesus macaque cortex. *Cerebral Cortex*, 27(1), 330-343.
- Masquelier T, Hugues E, Deco G & Thorpe S (2009) Oscillations, phase-of-firing coding, and spike timing-dependent plasticity: an efficient learning scheme. *J. Neurosci.* 29: 13484–13493.
- Vergnieux, V., Macé, M. J. M., & Jouffrais, C. (2017). Simplification of visual rendering in Simulated Prosthetic Vision facilitates navigation. *Artificial organs*, 41(9), 852-861.
- SmartNeuroCam de GST : <https://gsensing.eu/fr/category/sections/products>

### **Personnes à contacter :**

#### **Benoit Cottureau, PhD**

Chercheur CNRS au laboratoire Cerco  
Office phone: 0033 (0)5 62 74 45 20  
Email : benoit.cottureau@cnrs.fr

#### **Christophe Jouffrais, PhD**

Chercheur CNRS au laboratoire IRIT  
Email : christophe.jouffrais@irit.fr

#### **Pr Michel Paindavoine**

GlobalSensing Technologies  
email : michel.paindavoine@gsensing.eu