

---

# VERS UNE APPROCHE ÉVÉNEMENTIELLE DE L'ÉMERGENCE DE COMPORTEMENTS

équipe BISCUIT, Loria

*Encadrement* : Hervé Frezza-Buet (HDR), Alain Dutech (HDR)  
[Herve.Frezza-Buet@centralesupelec.fr](mailto:Herve.Frezza-Buet@centralesupelec.fr) & [Alain.Dutech@loria.fr](mailto:Alain.Dutech@loria.fr)

---

dernière modification le 9 avril 2024

## 1 Contexte

L'équipe BISCUIT<sup>1</sup>, est une équipe du laboratoire Loria<sup>2</sup> qui rassemble des chercheurs intéressés par de nouveaux paradigmes informatiques. Il s'agit d'une informatique où les calculs sont adaptatifs, distribués et décentralisés, réalisés par une foule d'unités de calcul simples qui communiquent principalement avec leurs proches voisins. Ces propriétés sont compatibles avec la mise en œuvre de principes d'auto-organisation non-supervisés, mais guidés, pour s'attaquer à des problèmes difficiles comme le calcul cognitif situé, la robotique autonome, l'allocation adaptative de ressources de calcul, etc.

Le cerveau est une preuve de l'efficacité et des capacités d'adaptation que l'on peut atteindre en s'appuyant sur ce genre de principes. Sa structure, relativement homogène mais déjà partiellement spécifiée dans le code génétique, va se développer, s'organiser, se spécialiser et se modulariser grâce aux interactions entre l'homme, ou plus généralement l'animal, et son monde. Cette théorie de l'émergence de la cognition (McClelland, 2010) est séduisante, mais ses phénomènes sous-jacents sont encore mal compris. D'ailleurs, les progrès récents en matière d'apprentissage profond ne font malheureusement pas progresser la connaissance dans cette direction.

C'est dans cette optique que nous voulons explorer ce qui nous semble être une composante essentielle, et très rarement abordée, de l'émergence du comportement. Les agents artificiels que nous considérons évoluent dans des espaces sensorimoteurs continus, aussi bien au niveau temporel que spatial. À l'inverse, les processus cognitifs les plus élémentaires s'appuient des *moments* où sont prises des décisions. Dans le décours continu du temps, ces moments sont des points où une reconnaissance émerge des signaux perçus, où une action est déclenchée. L'agent, selon ce principe, est cognitif dans la mesure où il interagit avec son environnement par scansion, en construisant les *événements* nécessaires à son couplage avec le monde extérieur. Palper du regard une scène, pour reprendre l'expression de Merleau-Ponty, y détecter un objet particulier, décider de le saisir, le saisir, sont autant de production d'événements où perception et action se confondent. Se pose alors la question de savoir comment se crée ce concept d'événement, comment le monde passe d'un continuum en perpétuelle évolution à une suite d'événements discrets qui s'enchaînent. Comment se construit un rapport au monde compatible avec le raisonnement? Comment passe-t-on d'un agent purement réactif à un agent qui *prend* une décision?

L'équipe BISCUIT s'attache à « *faire réellement quelque chose avec des populations de calcul spatialisées et Décentralisées (SDP)*<sup>3</sup> », plutôt que de modéliser avec précision les structures du cerveau. Le sujet de thèse de doctorat proposé est un pas de plus dans cette direction.

---

1. Bio-Inspired Situated Cellular and Unconventional Information Technology, <http://biscuit.loria.fr/>

2. [www.loria.fr](http://www.loria.fr)

3. Spatialized and Decentralized Population

## 2 Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de proposer des mécanismes opérants pour répondre à cette problématique difficile de la « scansion » du monde, et tout particulièrement du point de vue temporel, en des événements significatifs pour un agent artificiel autonome. Ces propositions ne manqueront pas de questionner les hypothèses de travail de l'équipe BISCUIT, à savoir le recours à une informatique décentralisée, distribuée, aux communications locales (SDP).

Un premier temps sera dévolu à l'appropriation des modèles utilisés et développés dans l'équipe, où champs neuronaux dynamiques<sup>4</sup> (Alecú et al., 2011) cartes auto-organisatrices (Kohonen, 2013)<sup>5</sup>, apprentissage par renforcement (Sutton and Barto, 1998)<sup>6</sup> se mélangent tout en s'assurant la compatibilité avec les capacités des processeurs “neuromorphiques” actuels. Cette période sera aussi l'occasion de se familiariser avec une littérature qui s'inspirera de domaines comme les sciences cognitives, la robotique développementale, voire même la psychologie du développement de l'enfant. Des notions comme l'habituation, la potentialisation<sup>7</sup>, la curiosité intrinsèque, la détection de nouveauté seront autant de sources d'inspiration (quelques exemples de lectures (Banquet et al., 1997; Blank et al., 2005; Westermann et al., 2007; Novianto et al., 2013)).

En parallèle, le problème sera exploré de manière *concrète* par le biais d'un environnement de simulation mêlant Unity3D<sup>8</sup> et ROS<sup>9</sup>. Le but est de comprendre et de s'approprier les progressivement les questions scientifiques posées dans le cadre de ce sujet de stage, et l'expérience nous a montré que ces problèmes sont d'autant mieux compris qu'ils sont réellement affrontés.

Dans un deuxième temps, il faudra implémenter, tester et explorer les solutions proposées au cours de la thèse. Cette validation sera largement expérimentale car les mécanismes d'auto-organisation chers à l'équipe se prêtent rarement à des études analytiques. Cela pourra se faire via des environnements virtuels tels qu'évoqués précédemment et, profitant des matériels et logiciels dont nous disposons, sur de véritables plateformes robotiques.

## 3 Conditions de travail et compétences souhaitées

Le doctorant sera accueilli au Loria, laboratoire bi-localisé à Nancy et Metz<sup>10</sup>. Il ou elle travaillera sur les deux sites, à sa convenance, sous la supervision de Hervé Frezza-Buet et Alain Dutech. Une collaboration scientifique avec les autres membres de l'équipe est attendue, ainsi que des discussions scientifiques plus générales et des collaborations avec d'autres membres du laboratoire. La durée prévue du doctorat est de trois ans.

Ce sujet de thèse s'adresse principalement à des personnes ayant un master 2 (ou équivalent) en informatique ou intelligence artificielle. Des références à la biologie, la psychologie, la philosophie, *etc.* s'imposant naturellement à ce type de sujet, un goût pour l'innovation et les approches pluridisciplinaires est attendu. De bonnes compétences en programmation sont également requises. L'équipe fournira un ensemble d'outils de programmation, de plates-formes robotiques et tout le soutien humain nécessaire pour les aspects techniques, ce qui permettra au doctorant ou à la doctorante de se concentrer sur les questions scientifiques. Être à l'aise avec le C++, ROS et python serait un véritable plus, la production du code se fera sous linux.

## Références

- Alecú, L., Frezza-Buet, H., and Alexandre, F. (2011). Can Self-Organisation Emerge through Dynamical Neural Fields Computations? *Connection Science*, 23(1) :1–31.
- Banquet, J. P., Gaussier, P., Dreher, J. C., Joulain, C., Revel, A., and Günther, W. (1997). Chapter 4 space-time, order, and hierarchy in fronto-hippocampal system : A neural basis of personality.

---

4. DNF : dynamical neural fields

5. SOM : self organizing maps

6. RL : reinforcement learning

7. sensitization

8. <https://unity.com/>

9. <https://www.ros.org/>

10. Sur le campus messin de CentralSupélec.

- In Matthews, G., editor, *Cognitive Science Perspectives on Personality and Emotion*, volume 124 of *Advances in Psychology*, pages 123 – 189. North-Holland.
- Blank, D., Kumar, D., Meeden, L., and Marshall, J. (2005). Bringing up robot : Fundamental mechanisms for creating a self-motivated, self-organizing architecture. *Cybernetics and Systems*, 36(2) :125–150.
- Kohonen, T. (2013). Essentials of the self-organizing map. *Neural networks*, 37 :52–65.
- McClelland, J. L. (2010). Emergence in cognitive science. *Topics in Cognitive Science*, 2(4) :751–770.
- Novianto, R., Johnston, B., and Williams, M.-A. (2013). Habituation and sensitisation learning in asmo cognitive architecture. In Herrmann, G., Pearson, M. J., Lenz, A., Bremner, P., Spiers, A., and Leonards, U., editors, *Social Robotics*, pages 249–259, Cham. Springer International Publishing.
- Sutton, R. and Barto, A. (1998). *Reinforcement Learning*. Bradford Book, MIT Press, Cambridge, MA.
- Westermann, G., Mareschal, D., Johnson, M. H., Sirois, S., Spratling, M. W., and Thomas, M. S. (2007). Neuroconstructivism. *Developmental science*, 10(1) :75–83.