

Cadre du travail

Le stage s'effectuera au Loria, un poste de travail sera fourni. Des notions en apprentissage par renforcement sont attendues. Les travaux seront réalisés en python ou C++ avec ROS². Par ailleurs, ils pourront être menés sur des plateformes réelles ou une simulation développée par l'équipe avec Unity3D.

Références

- [1] Meyer, J. and Wilson, S. W. *Animat Scholarpedia*, vol 4 (5), doi :10.4249/scholarpedia.1533, 2009.
- [2] R. Sutton and A. Barto, *Reinforcement Learning : An introduction*, 2nd edition, MIT Press, Cambridge, MA, 2018.

2. qui pourra être appris à l'occasion

Sujet 4

Champs neuronaux et auto-organisation sur circuits neuromorphiques

Proposé par : Bernard Girau (contact : Bernard.Girau@loria.fr)

Equipe : Biscuit

Motivations

Les neurones impulsionnels sont considérés comme la troisième génération de modèles de neurones artificiels. Ces neurones communiquent - à la manière des neurones biologiques - avec des impulsions produites dans le temps, permettant ainsi de transmettre l'information et de la traiter à la volée, de façon asynchrone.

Pour tirer pleinement profit de la puissance de calcul et de la très faible consommation énergétique induite, ces modèles de neurones impulsionnels peuvent être directement émulés *in silico*. C'est ce qu'ont notamment réalisé Intel ou IBM avec leurs processeurs neuromorphiques Loihi [1] et TrueNorth, respectivement, dont le principe de calcul est illustré en figure 3. Loihi2 intègre un million de neurones impulsionnels et 120 millions de synapses programmables.

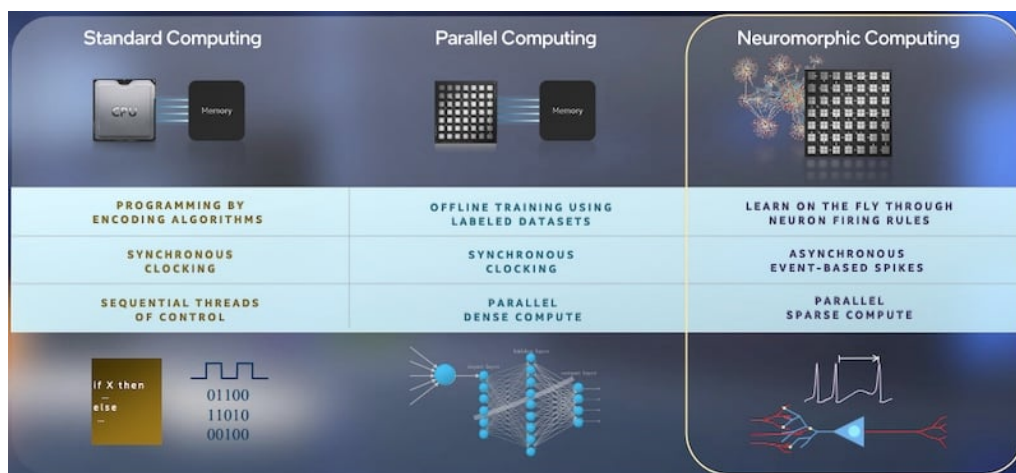


FIGURE 3 – Principes du calcul neuromorphique.

Dans la même veine bio-inspirée, les caméras événementielles gagnent en popularité [2]. Les caméras événementielles comme DVS (Dynamic Vision Sensor) fonctionnent de manière analogue à la rétine en transmettant l'information sous forme d'impulsion uniquement lorsqu'un changement local de luminosité - au niveau du pixel - est détecté. Ce traitement asynchrone de l'information visuelle apporte de grands avantages, illustrés en figure 4 : 1) une vitesse d'échantillonnage près d'un million de fois supérieure à celle des caméras standard, 2) une latence d'une microseconde et 3) une plage dynamique de 130 décibels (les caméras standards n'ont que 60 dB). Le tout pour une consommation énergétique significativement inférieure à celle des caméras standards.

Sujet

Ce sujet vise à poursuivre les travaux de notre équipe en ce qui concerne l'implantation neuromorphique de deux types de modèles neuronaux bio-inspirés : les champs neuronaux dynamiques (dynamic neural fields, DNF) et les cartes auto-organisatrices (self-organizing maps, SOM).

Les DNF sont des modèles bio-inspirés de populations neuronales (généralement 2D) modélisés à une échelle mésoscopique, où les unités neuronales interagissent en continu via des connexions excitatrices et inhibitrices. Les DNF ont été appliqués avec succès à l'attention visuelle [4], à la détection de nouveautés, à la reconnaissance faciale, au contrôle de robots, etc.

Les SOM ([5]) sont un modèle connu d'auto-organisation inspiré du cortex, et permettent une quantification vectorielle non supervisée de données dans laquelle les prototypes s'organisent selon des règles de voisinage pré-fixées (plasticité synaptique seule).

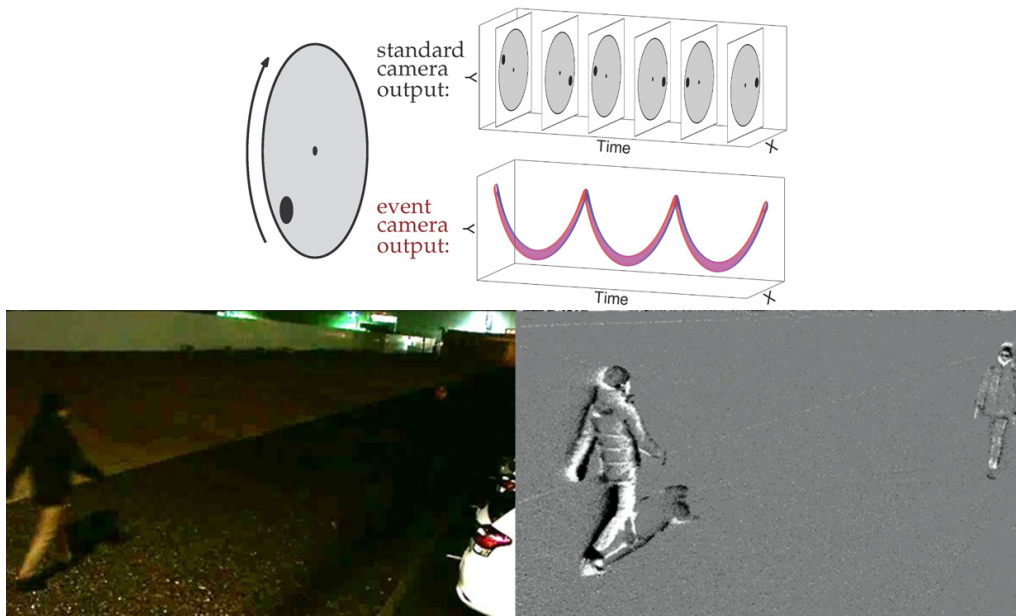


FIGURE 4 – Haut : illustration du gain en résolution temporelle des caméras événementielles. Bas gauche : vue de scène nocturne en caméra classique. Bas droite : la même scène vue par une caméra événementielle.

Dans la perspective de la mise en œuvre matérielle neuromorphique de DNF, des versions impulsionnelles (spiking) de DNF ont été définies [3], montrant des propriétés comportementales similaires avec une robustesse améliorée par rapport au bruit et aux distracteurs. Nous avons également défini dans [6] une version impulsionnelle de cartes auto-organisatrices (SOM, self-organizing map), dont l'apprentissage est obtenu par une règle STDP que nous avons définie de façon à coder l'information dans le temps des spikes et non dans leur fréquence.

Ce sujet de Master vise à étudier comment les versions impulsionnelles des champs neuronaux dynamiques et des cartes auto-organisatrices peuvent être intégrées dans le cadre du calcul neuromorphique, à la fois en utilisant les calculs contraints des circuits neuromorphiques et en traitant directement les données issues de caméras événementielles.

Cadre du travail

Ce travail nécessite une connaissance de la conception logicielle et des notions de calcul neuronal bio-inspiré. Il s'appuiera sur des logiciels existants permettant la simulation de champs neuronaux dynamiques ainsi que sur des simulateurs de circuits neuromorphiques. Différentes caméras événementielles pourront être expérimentées.

Références

- [1] M. Davies et al. Loihi : A Neuromorphic Manycore Processor with On-Chip Learning. *IEEE Micro*, 38 (1), 2018.
- [2] G. Gallego et al. Event-Based Vision : A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2020.
- [3] R. Vazquez, B. Girau and J.-C. Quinton. *Visual attention using spiking neural maps*. International Joint Conference on Neural Networks IJCNN, San José, United States, 2011.
- [4] J. Vitay, N. Rougier, F. Alexandre. *A Distributed Model of Spatial Visual Attention*. In : Wermter S., Palm G., Elshaw M. (eds) Biomimetic Neural Learning for Intelligent Robots. Lecture Notes in Computer Science, vol 3575. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [5] T. Kohonen *Self-organized formation of topologically correct feature maps* in Biological Cybernetics, vol. 43(1), pp. 59–69, 1982.
- [6] A. Fois and B. Girau. *A Spiking Neural Architecture for Vector Quantization and Clustering*. 27th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP), 2020.