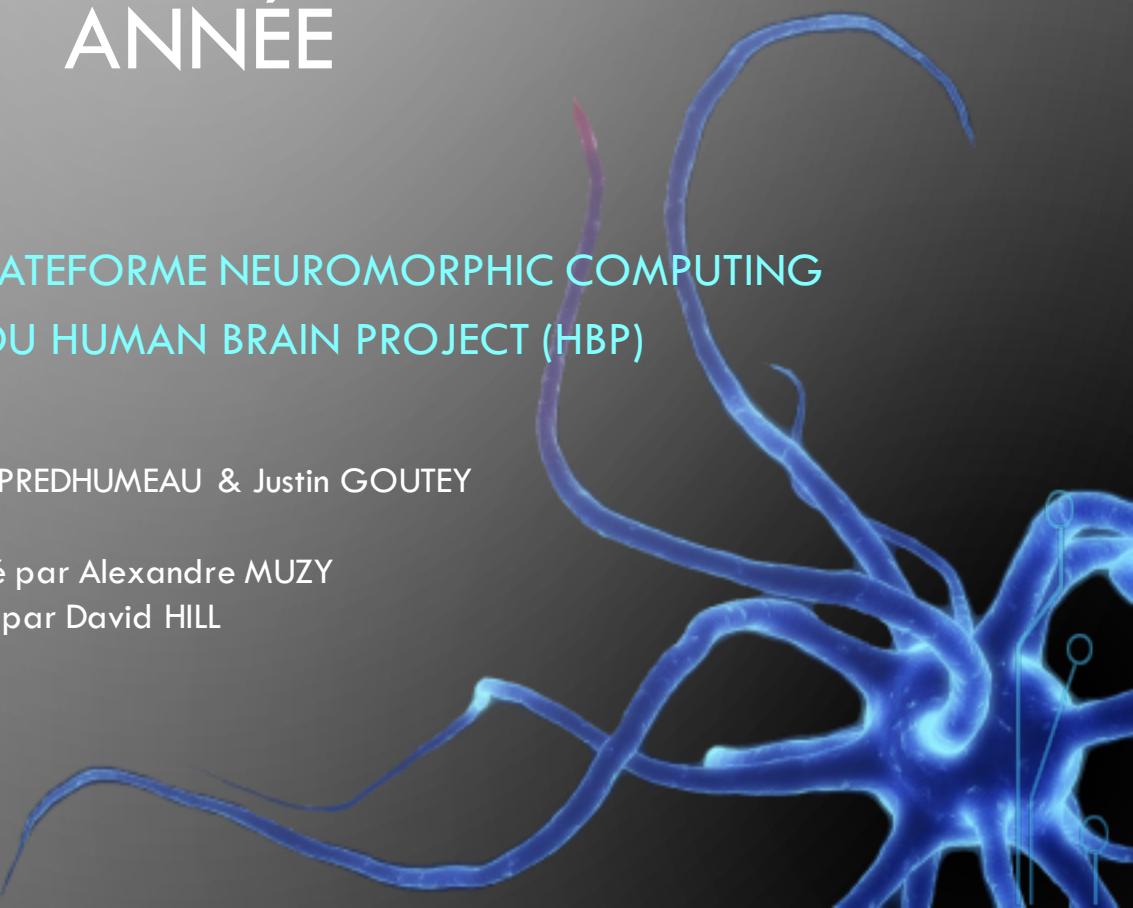


# SOUTENANCE DE PROJET DE 3<sup>ÈME</sup> ANNÉE

UTILISATION DE LA PLATEFORME NEUROMORPHIC COMPUTING  
PLATFORM DU HUMAN BRAIN PROJECT (HBP)

Manon PREDHUMEAU & Justin GOUTEY

Proposé par Alexandre MUZY  
Tuteuré par David HILL



# INTRODUCTION

- Human Brain Project (2013)
- Simulateurs Neuronaux : SpiNNaker & BrainScaleS
- Comparatif et analyse de performances



# PLAN

## I. Le Cerveau

- A. Neurone
- B. Synapse
- C. Le réseau

## II. BrainScaleS

- A. Présentation
- B. Modules Neuromorphiques

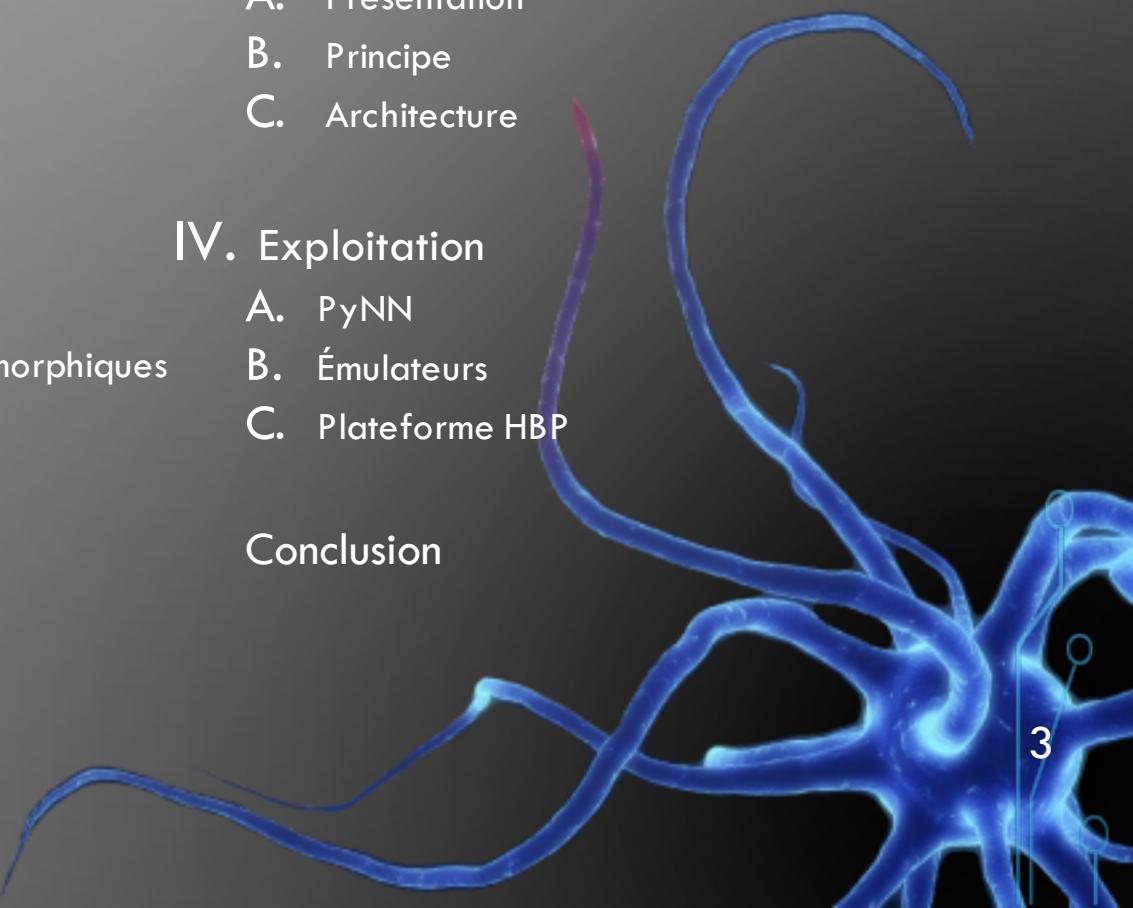
## III. SpiNNaker

- A. Présentation
- B. Principe
- C. Architecture

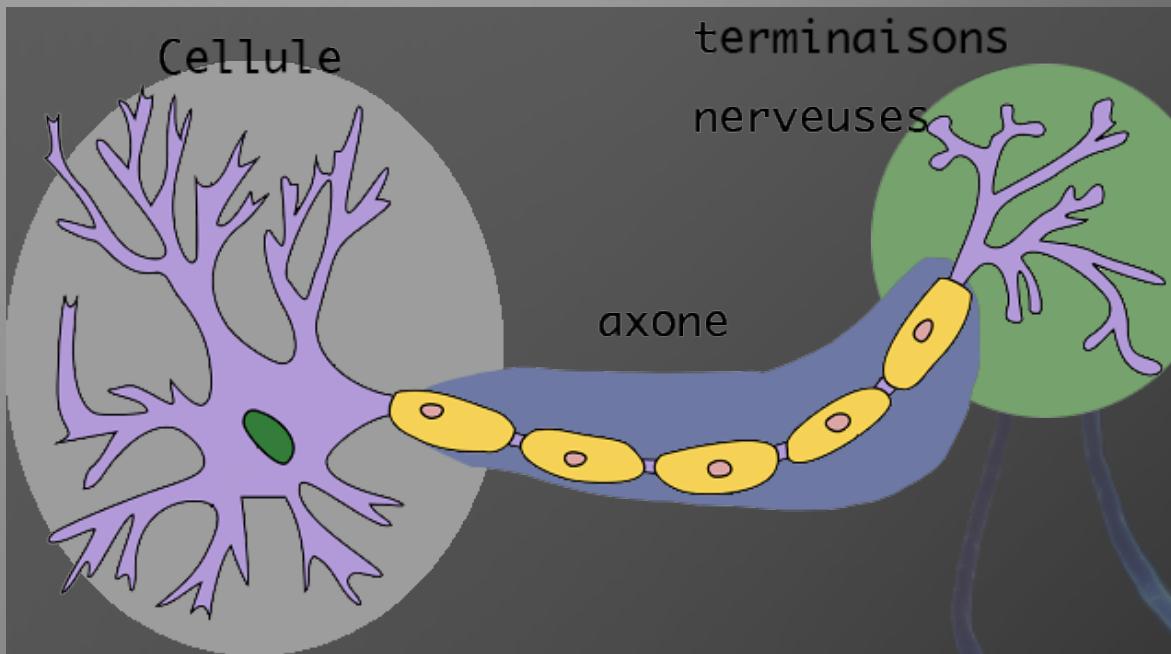
## IV. Exploitation

- A. PyNN
- B. Émulateurs
- C. Plateforme HBP

Conclusion



## LE NEURONE

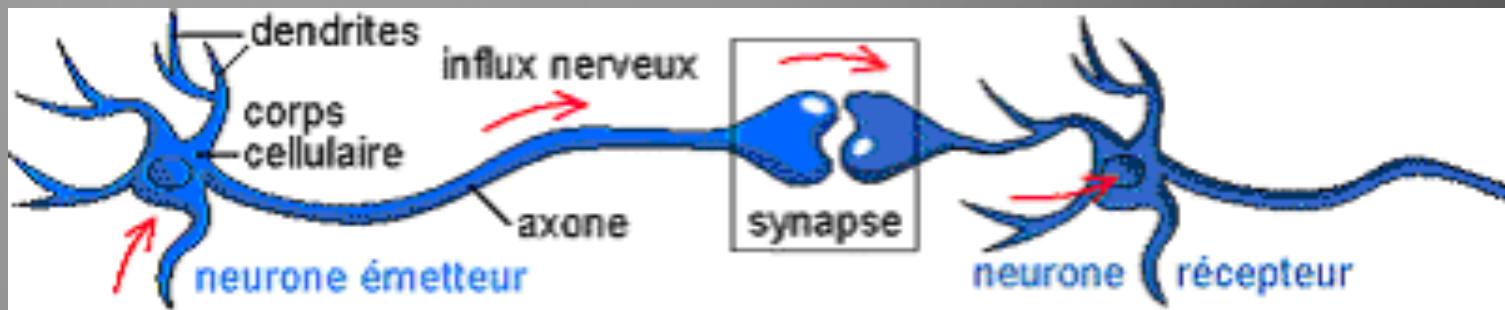


Schema simplifié d'un neurone

(<https://geekeries.org/2016/05/jouer-avec-vos-reseaux-de-neurones/>)

- Cellule nerveuse
- Unité de traitement de l'information

## LA SYNAPSE



Transmission entre deux neurones

(<http://www.grand-dictionnaire.com/antispasmodiques.html>)

- Vecteur de communication
- Interaction chimique
- Mobiles

# LE RÉSEAU



## Le cerveau humain :

- 86 à 100 milliards de neurones
- Un neurone connecté de 1 à plus 100 000 synapses (10 000 en moyenne)
- ~ 5 synapses d'un neurone à n'importe quel autre.



# PRÉSENTATION

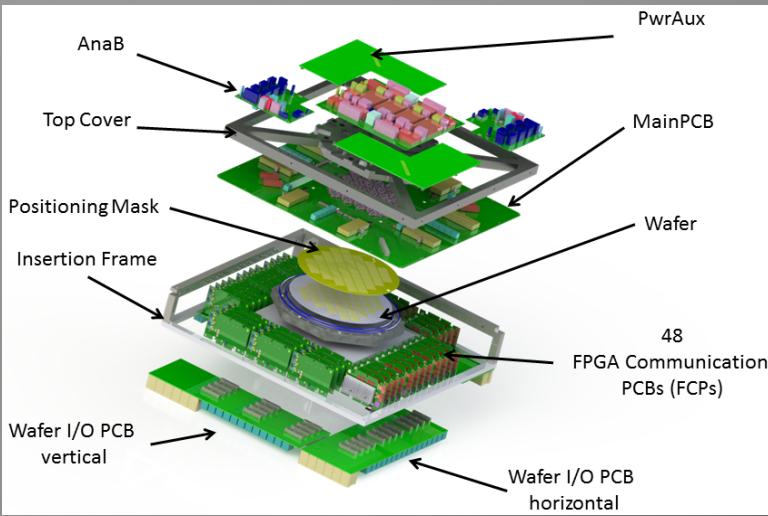


Hardware BrainScaleS

([https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/pm/pm\\_hardware\\_configuration.html](https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/pm/pm_hardware_configuration.html))

- Équipe d'Heidelberg
- Simulation hardware
- 20 modules neuromorphiques
- Simulation plus économique et  $10^3$  à  $10^5$  fois plus rapide que la réalité

# MODULES NEUROMORPHIQUES



Décomposition d'un module neuromorphique  
([https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/pm/pm\\_hardware\\_configuration.html](https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/pm/pm_hardware_configuration.html))

- Élément central de BrainScaleS

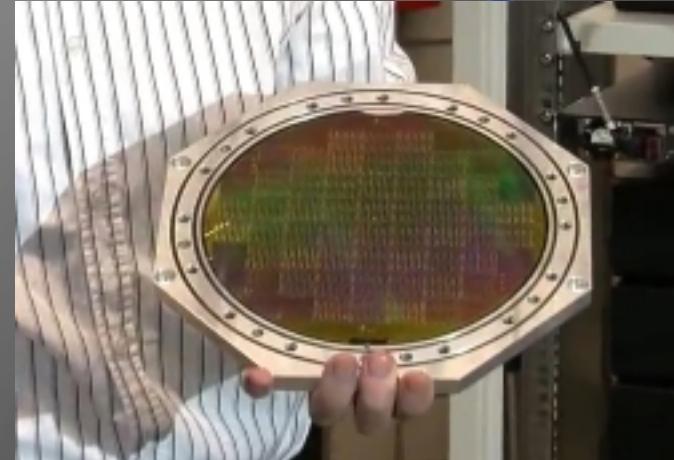
- Milieu de simulation

- Composants au cœur de la simulation :

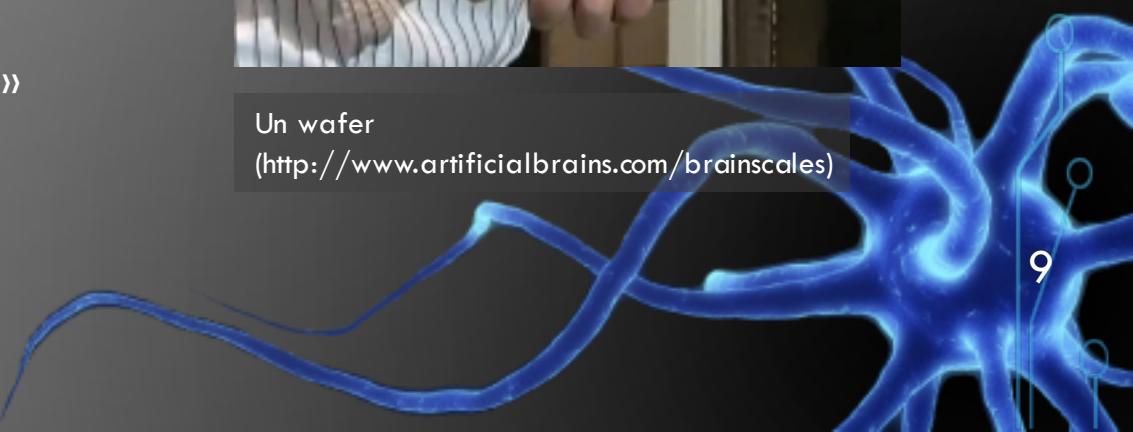
- Wafer
- Carte FPGA

## WAFER

- Cercle de silicone de 20 cm de diamètre
- Lieu de la simulation
- 384 puces HICANN :
  - 128 000 synapses
  - 512 « neurones électroniques »

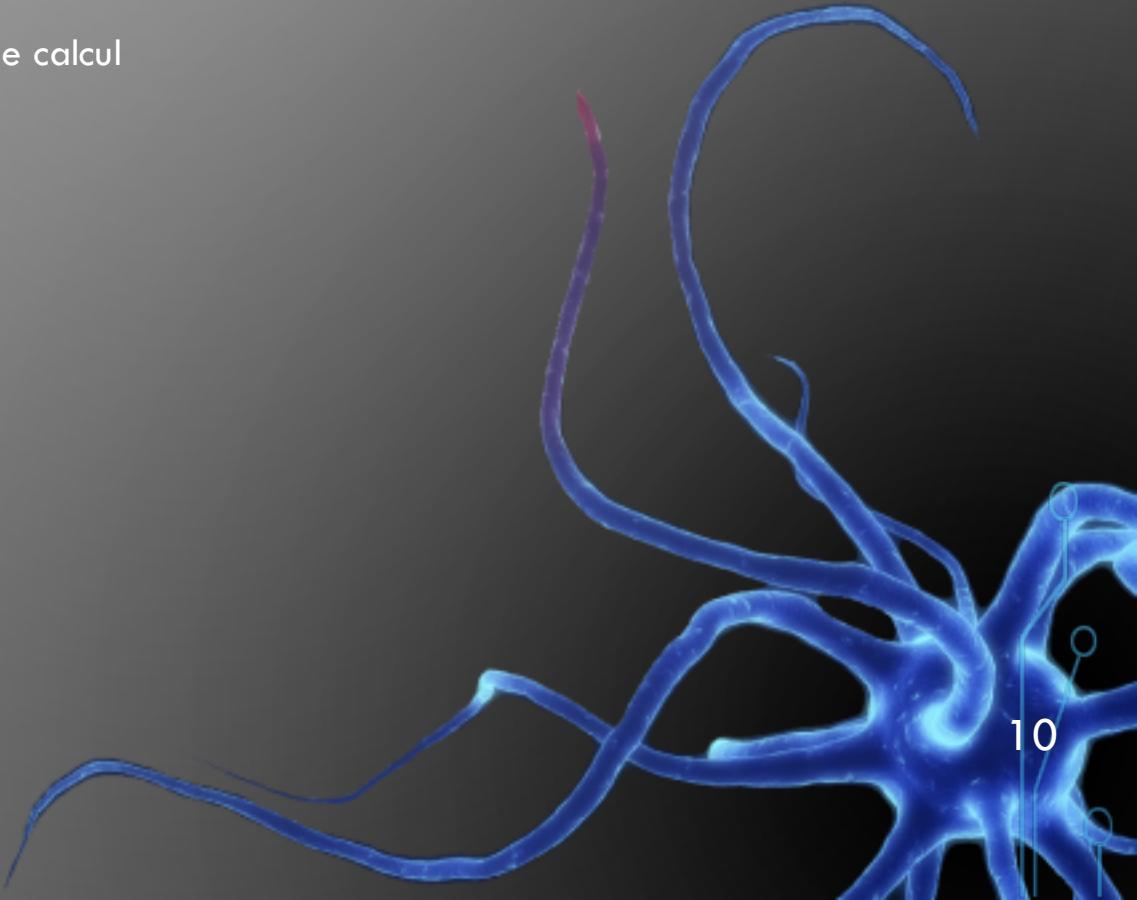


Un wafer  
(<http://www.artificialbrains.com/brainscales>)



## CARTE FPGA

- Vecteur de paramétrage
  - Communication avec le cluster de calcul
  - Paramétrage simulation
  - Retour logs et données
- Vecteur de communication
  - Extension du réseau
  - Communication inter-wafer



# PRÉSENTATION



Hardware SpiNNaker

([https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/mc/mc\\_index.html](https://electronicvisions.github.io/hbp-sp9-guidebook/mc/mc_index.html))

- Spiking Neural Network Architecture
- Équipe de Manchester
- Simulation software
- « Many Core »
- Objectif : simuler 1% du cerveau humain

# L'INCOHÉRENCE MÉMOIRE

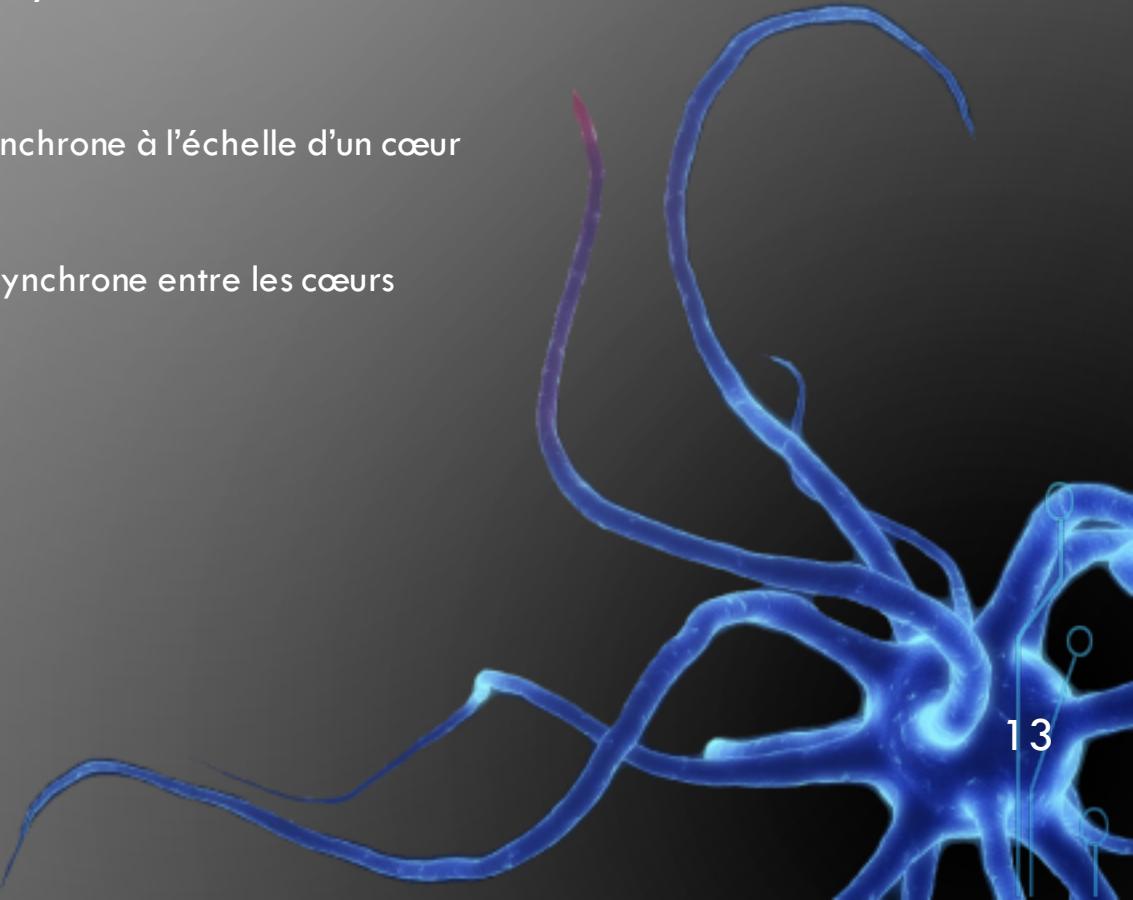
- Pas de vérification avant modification
- Seule l'information locale est connue (comme dans un vrai cerveau)
- Mémoire uniquement locale à chaque cœur du point de vue du système



# LE NON DÉTERMINISME

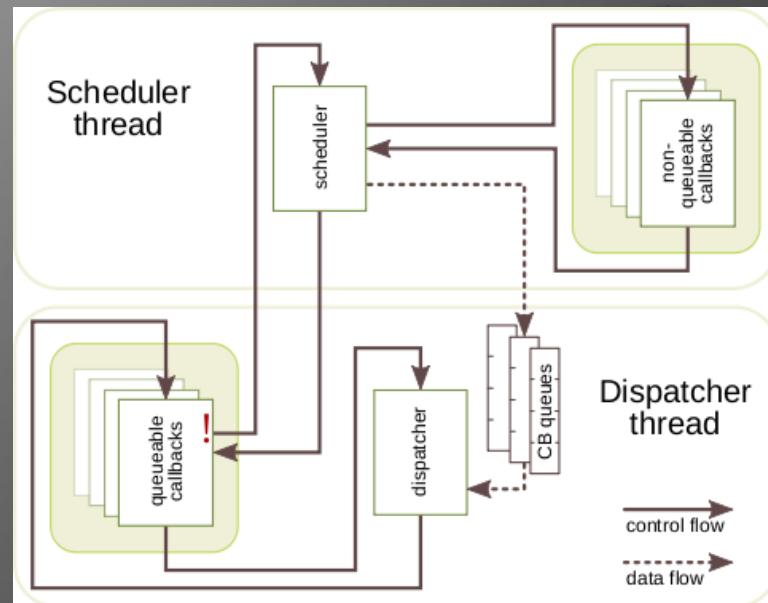
Globally Asynchronous, Locally Synchronous:

- Simulation et communication synchrone à l'échelle d'un cœur
- Simulation et communication asynchrone entre les cœurs

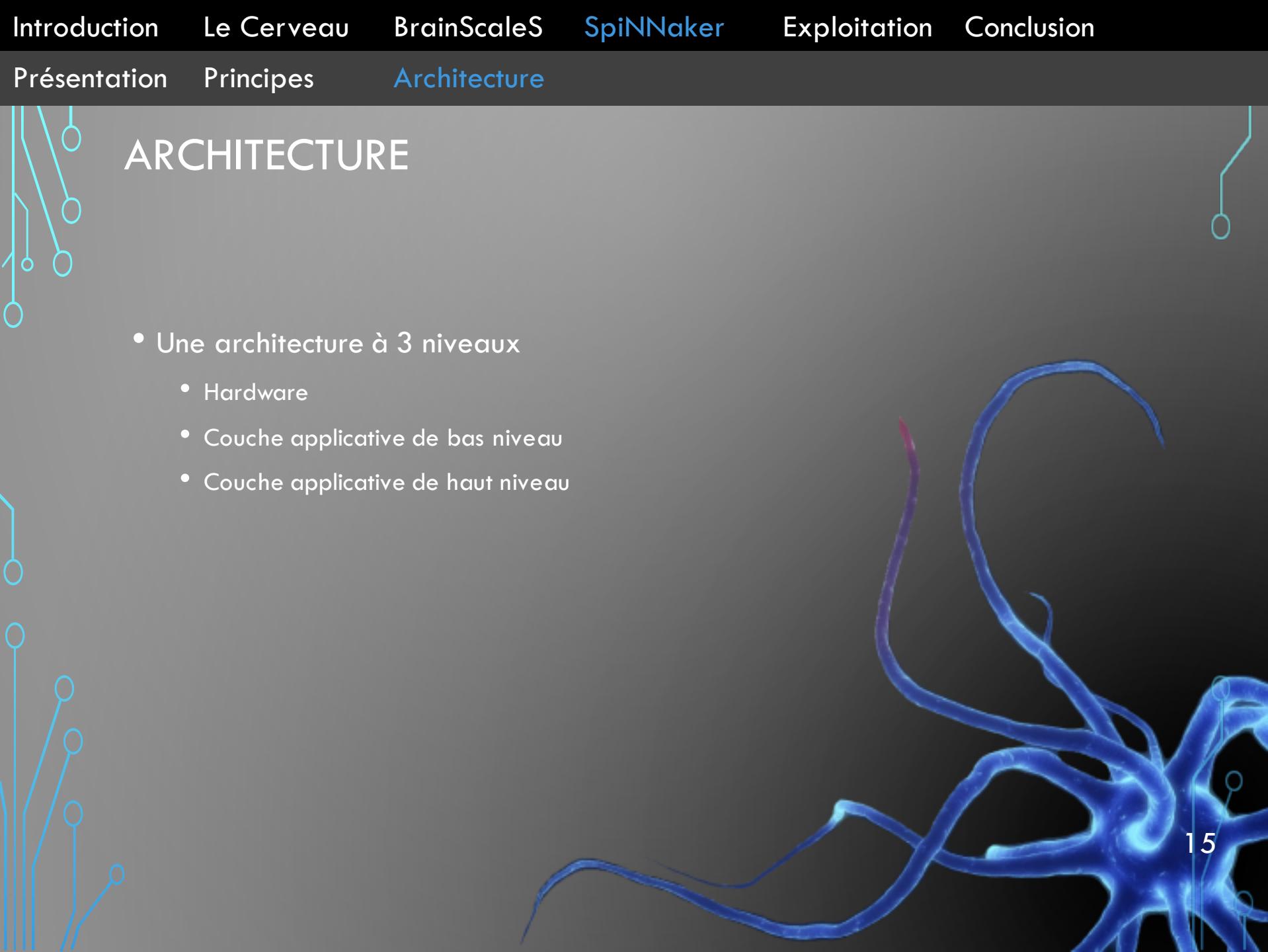


# SIMULATION ÉVÈNEMENTIELLE

- Pas de pas de temps fixe
- Mécanisme de callbacks
- Appel de fonction  $\Leftrightarrow$  évènement



Modèle event driven appliqué   SpiNNaker

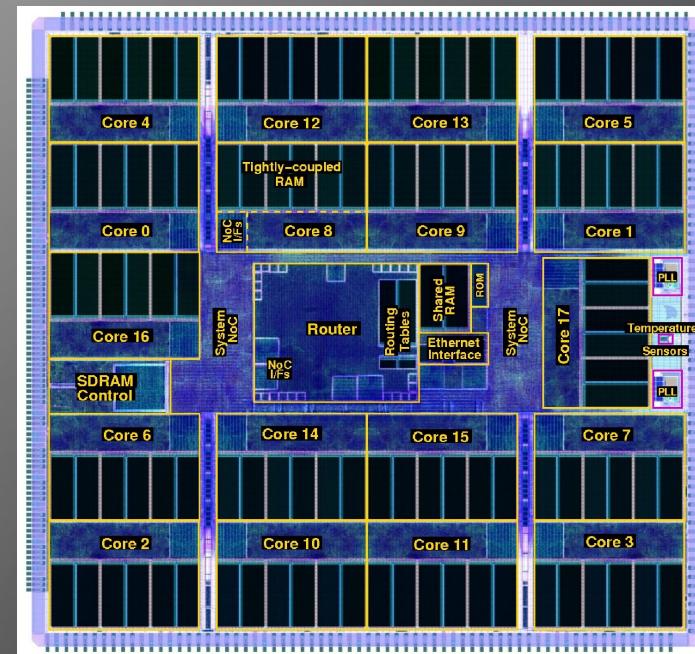


# ARCHITECTURE

- Une architecture à 3 niveaux
  - Hardware
  - Couche applicative de bas niveau
  - Couche applicative de haut niveau

# NIVEAUX 1 : LE HARDWARE

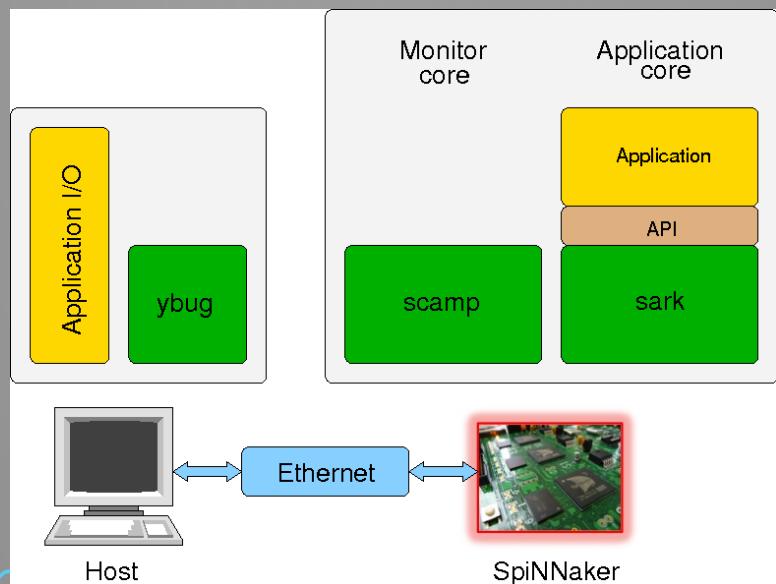
- 600 cartes de 48 puces
- Soit 28 800 puces
- 18 cœurs par puce
  - 1 cœur moniteur
  - 16 cœurs simulation
  - 1 cœur tolérance aux pannes



Composition d'une puce SpiNNaker

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4458614/>

Niveaux 2 : couche applicative de bas niveau



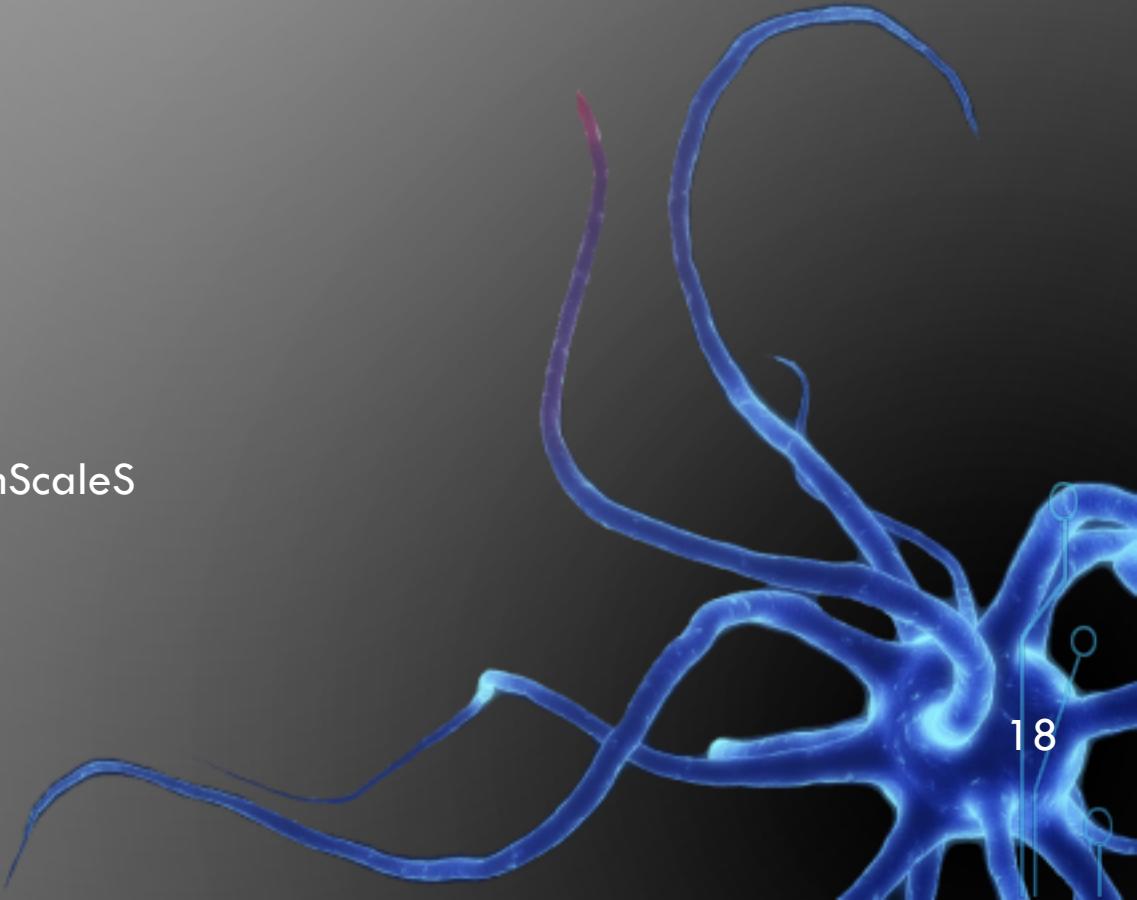
Couche applicative bas niveau

Niveaux 3 : couche applicative de haut niveau

- SpyNNaker : Implémentation de PyNN
- PACMAN
- Gestion des simulations par les utilisateurs

## PYNN

- Représentation et simulation de réseaux de neurones
- API Python
- Une implémentation pour SpiNNaker et une pour BrainScaleS



# ÉMULATEURS

## ESS

- Émulateur du système BrainScaleS

- Docker ou source sur la forge

- Docker fonctionne uniquement sur les fichiers de tests
- VM ne localise pas les modules Python

## SpiNNakerEmulator

- Émulateur de SpiNNaker

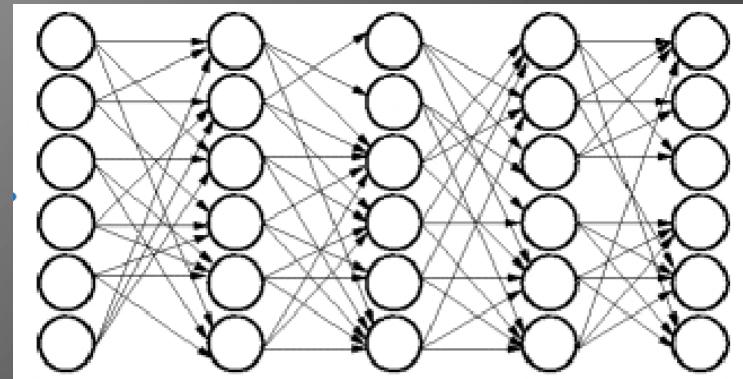
- Dépôt GitHub

- Obsolète (plus maintenu depuis 2015)=> incompatible avec SpyNNaker 3.0.0

# PLATFORME HBP : UTILISATION DE LA PLATEFORME COLLABORATIVE

## Test

- Réseau en chaîne synfire



Schémas d'une chaîne synfire



# PLATEFORME HBP : UTILISATION DE LA PLATEFORME COLLABORATIVE

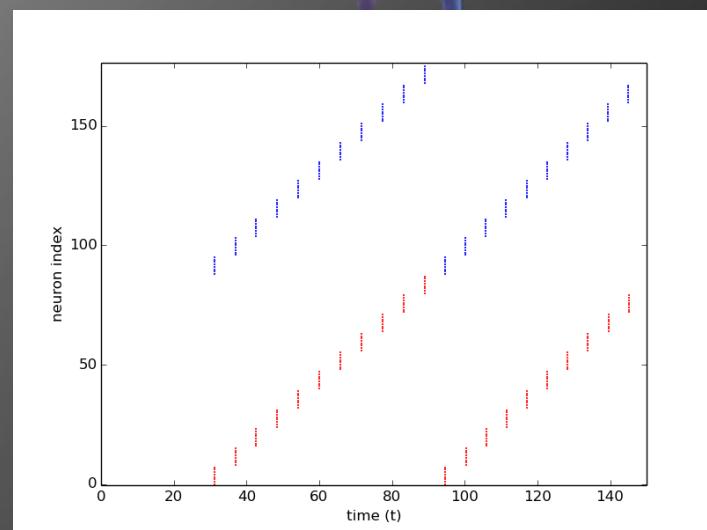
Résultat :

- Trace d'exécution
- Pas d'information supplémentaire:
  - Placement des populations
  - Consommation
  - Tables de routage
  - ...

/ Job 91570

Status	finished
Submitted	2017-01-23 13:01:30
Completed	2017-01-23 13:04:05
Collab	simple_neuron_Nice_1
Platform	SpiNNaker

Détails d'un job terminé avec succès



Spikes générés par le code synfire chain

## CONCLUSION

- Projet orienté recherche
- BrainScaleS orienté hardware / SpiNNaker orienté software
- Paramétrage par une API relativement uniforme : PyNN
- SpiNNaker plus abouti

Difficultés :

- Recherche documentation fastidieuse, émulateurs non fonctionnels
- Réorientation du projet
- Pas assez d'informations pour analyse de performances

# CONCLUSION

Perspectives :

- Achat d'une carte SpiNNaker
- Stage de 5 mois (Justin)

