



**HAL**  
open science

# Modpuls : modélisation de la perception de la synchronisation par réseaux de neurones impulsionnels

Théo Velletaz, Patrice Guyot, Sébastien Harispe, Stefan Janaqi

## ► To cite this version:

Théo Velletaz, Patrice Guyot, Sébastien Harispe, Stefan Janaqi. Modpuls : modélisation de la perception de la synchronisation par réseaux de neurones impulsionnels. Journées Perception Sonore 2023, Nov 2023, Paris, France. , 2023. hal-04320233

**HAL Id: hal-04320233**

**<https://hal.science/hal-04320233v1>**

Submitted on 4 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## 1 CONTEXTE

La **synchronisation** se définit comme l'**alignement temporel** de plusieurs signaux dynamiques.

La **synchronisation musicale** repose sur la capacité à coupler des **mouvements** sur une musique.



La **perception de synchronisations** évidente pour un humain, est difficile à automatiser. ModPuls étudie pour cela des modèles de réseaux de neurones artificiels dits **impulsionnels**. Contrairement aux réseaux classiques, ils intègrent naturellement l'**aspect temporel** des données dans leur architecture et ont l'avantage d'être **biologiquement plausibles**. [1,2]

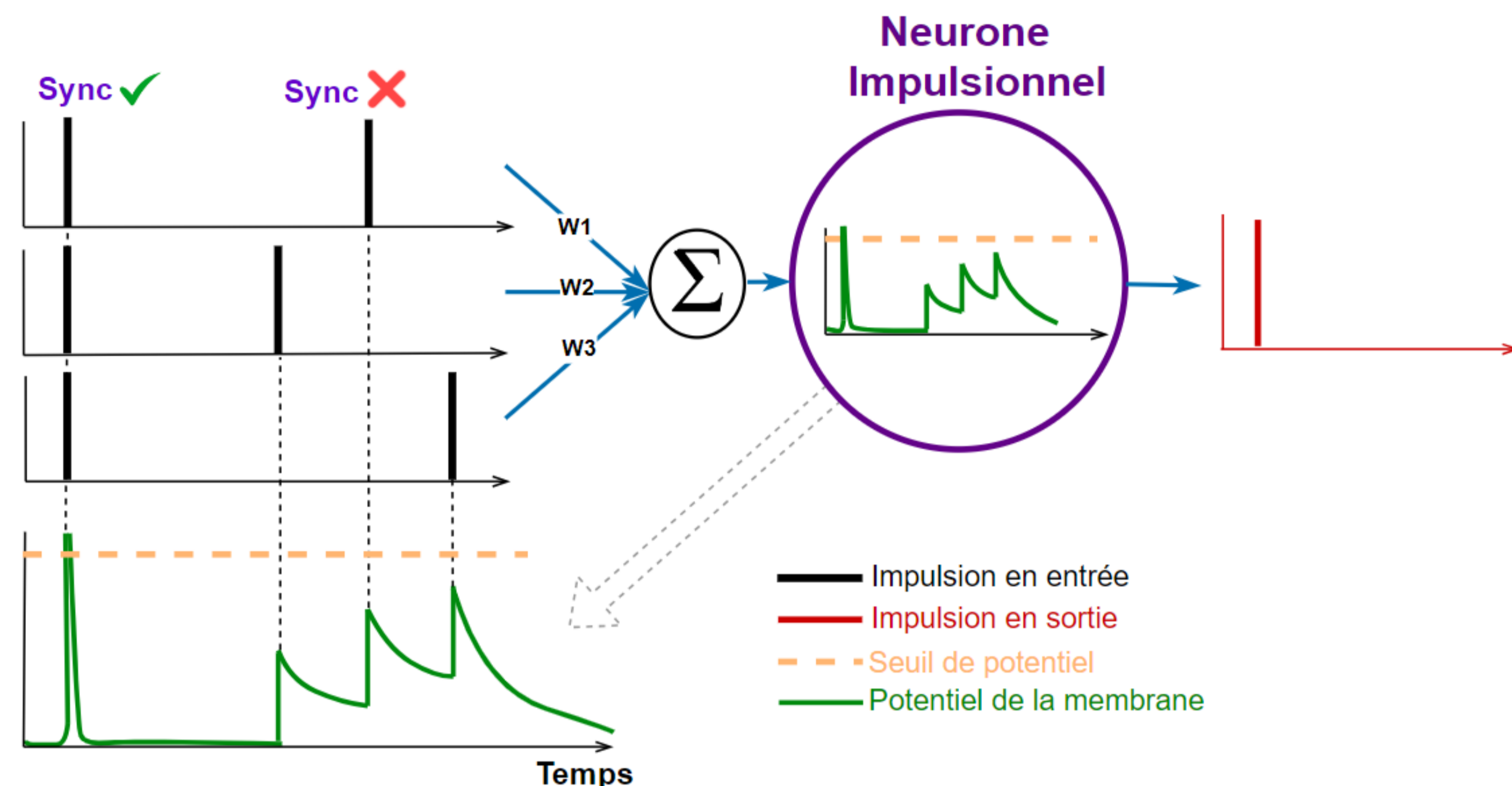
Un des objectifs de ModPuls est de **modéliser le fonctionnement de nos neurones** pour :

- Analyser la synchronisation de **données complexes**.
- Extrapoler le comportement des modèles aux **mécanismes biologiques**.

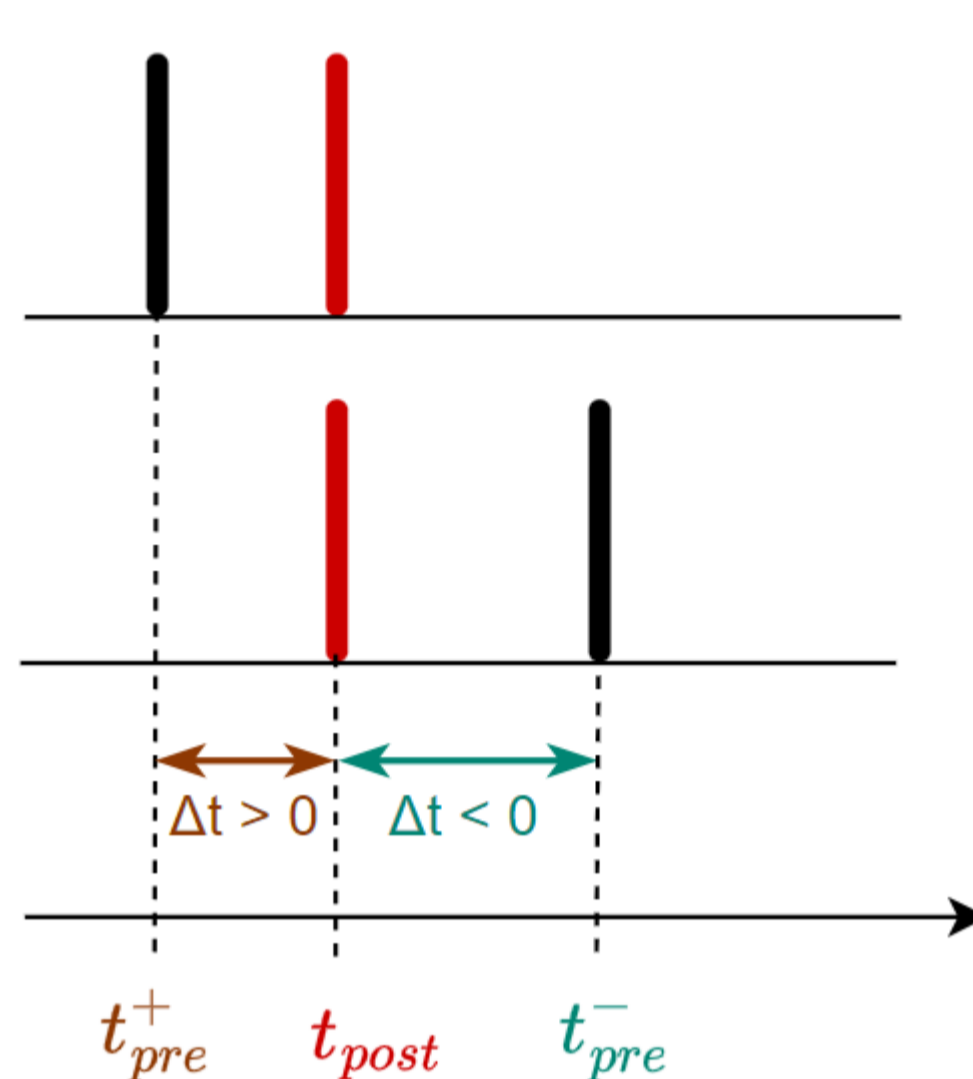
## 2 MÉTHODE : NEURONES IMPULSIONNELS

Les neurones impulsionnels agissent comme des **détecteurs naturels de synchronisation** : Pour transmettre l'information, les neurones doivent recevoir des informations synchronisées.

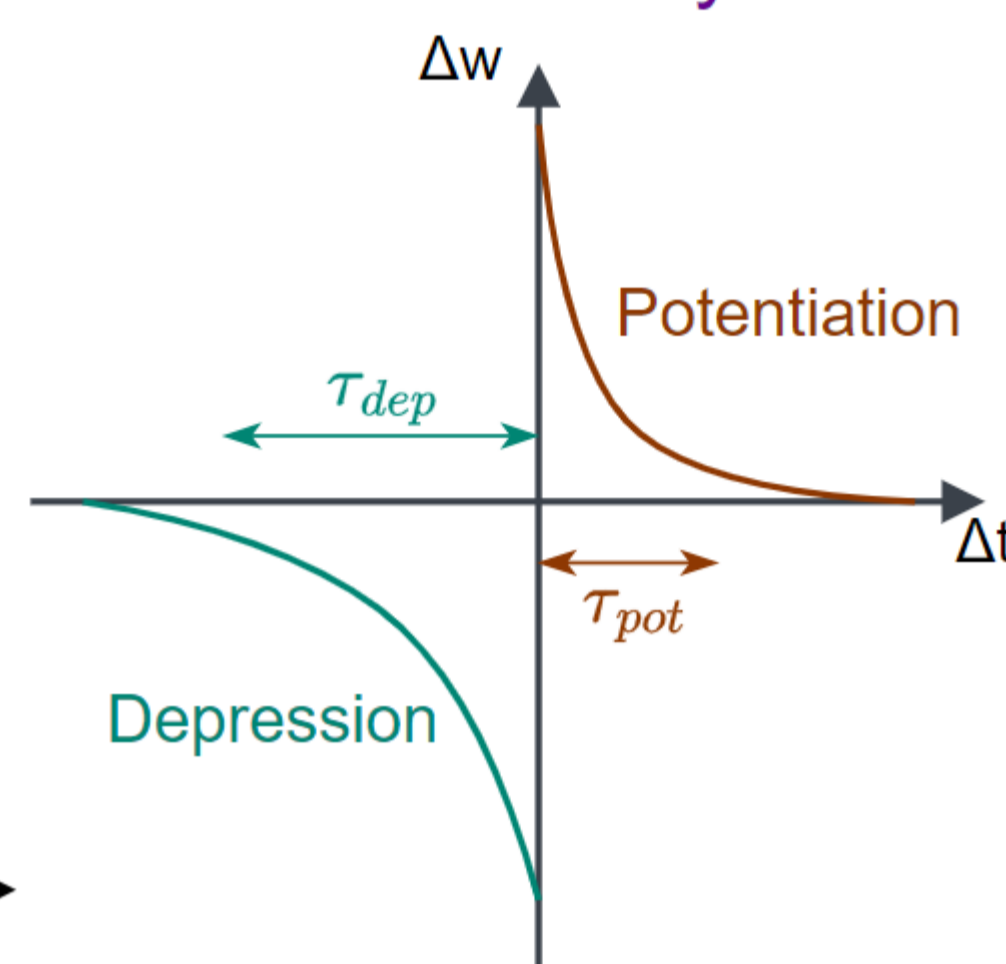
Certains paramètres comme le **seuil de la membrane** ainsi que le **facteur de décroissance du potentiel de la membrane** peuvent être appris pour ajuster la fenêtre de synchronisation. [2]



2 scénarios :



**Spike-Timing-Dependent Plasticity**



Un autre paramètre important pour définir la fenêtre de synchronisation est le **poids synaptique**.

La **STDP** est un mécanisme **d'apprentissage non supervisé** qui permet de renforcer les connexions entre les neurones synchronisés et diminuer les connexions entre les neurones désynchronisés.

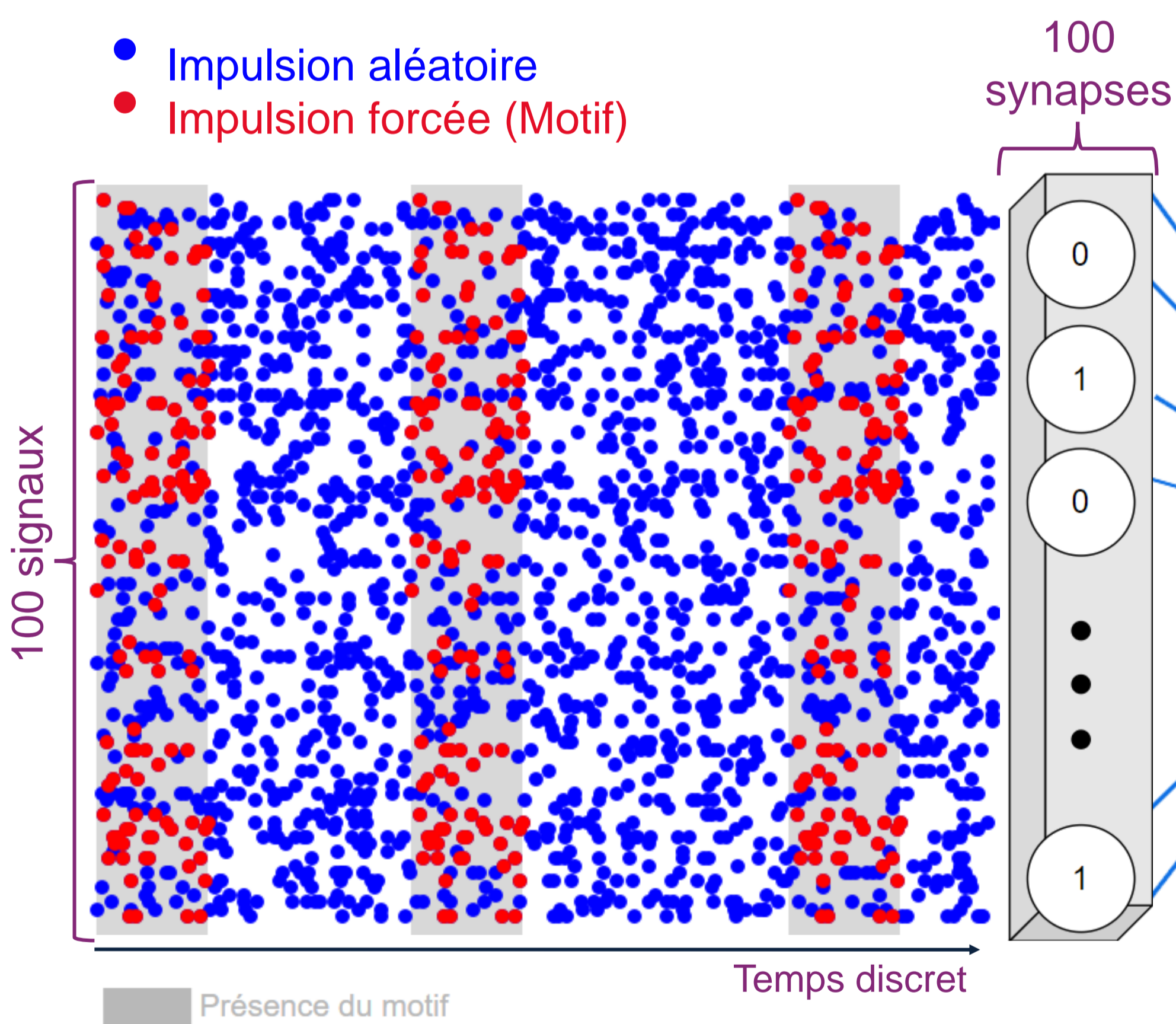
$$\Delta w = \begin{cases} + A_+ \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_{pot}}\right) & \text{si } \Delta t > 0 \\ - A_- \exp\left(\frac{\Delta t}{\tau_{dep}}\right) & \text{si } \Delta t < 0 \end{cases}$$

$$\Delta t = t_{post} - t_{pre}$$

## 3 APPRENTISSAGE SUR DONNÉES GÉNÉRÉES

Les données d'entrée :

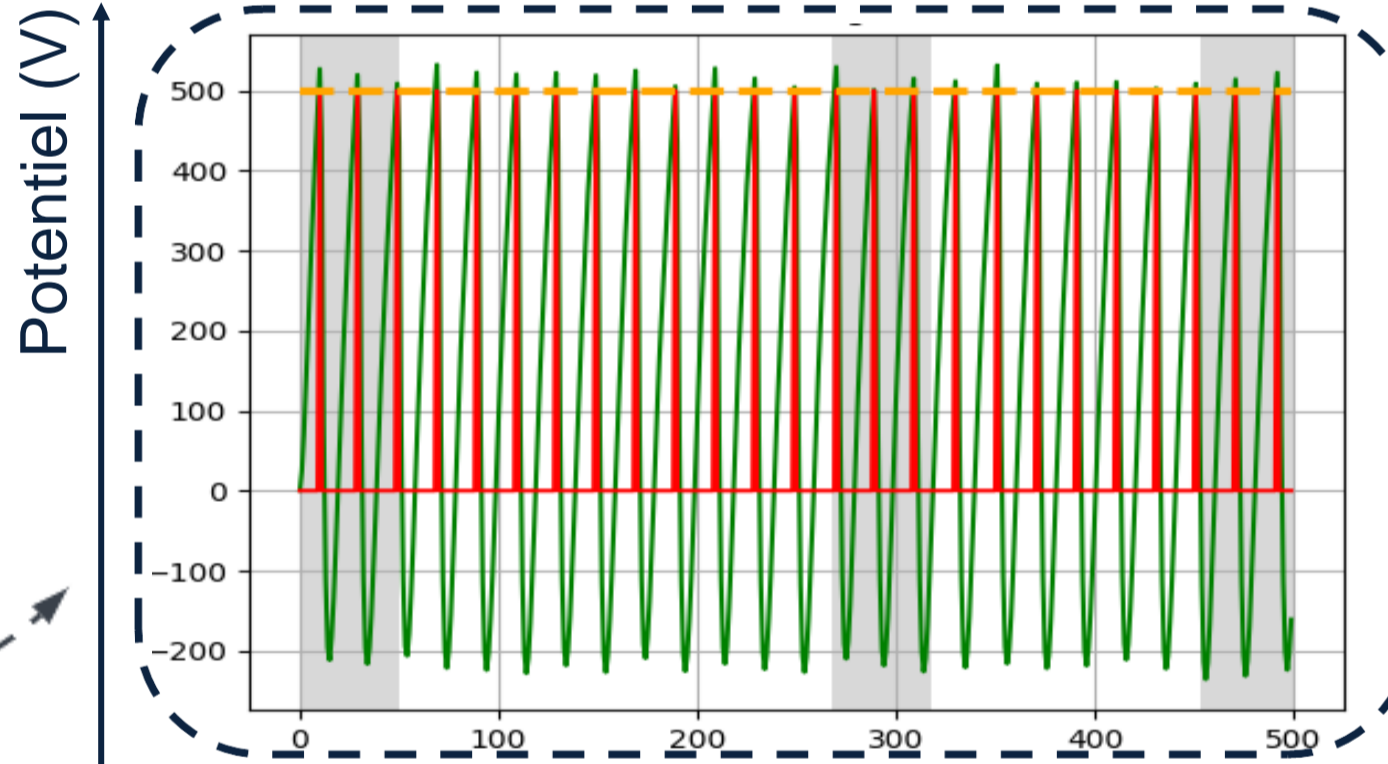
- Impulsion aléatoire
- Impulsion forcée (Motif)



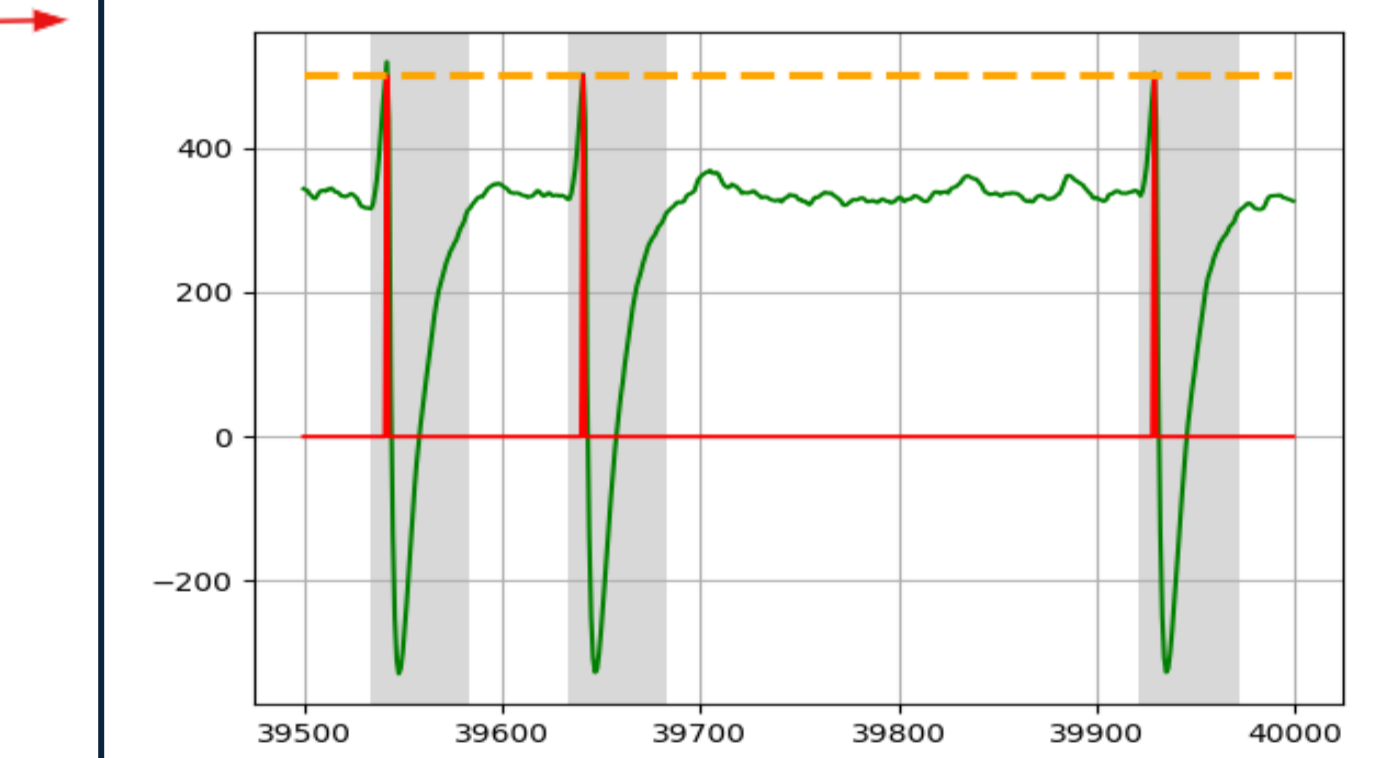
Analyse par un neurone impulsionnel

Apprentissage des poids synaptiques par STDP

Au début de l'apprentissage : **Non-sélectivité**



En fin d'apprentissage : **Sélectivité et réaction au motif**

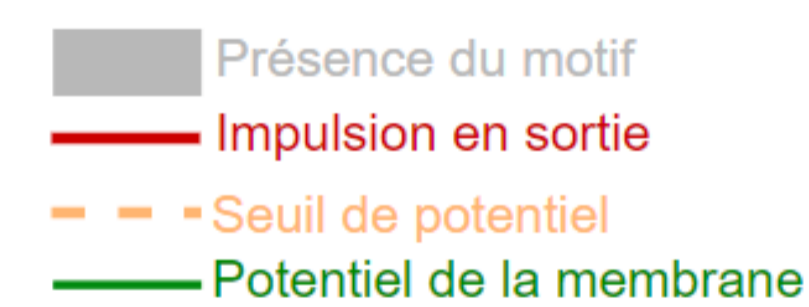


Reproduction des expérimentations de T. Masquelier [1]

**Conclusion**

Un **seul** neurone impulsionnel **STDP** décèle les signaux synchrones parmi des signaux aléatoires.

Ceci démontre la capacité de **détection de synchronisation** des neurones impulsionnels.

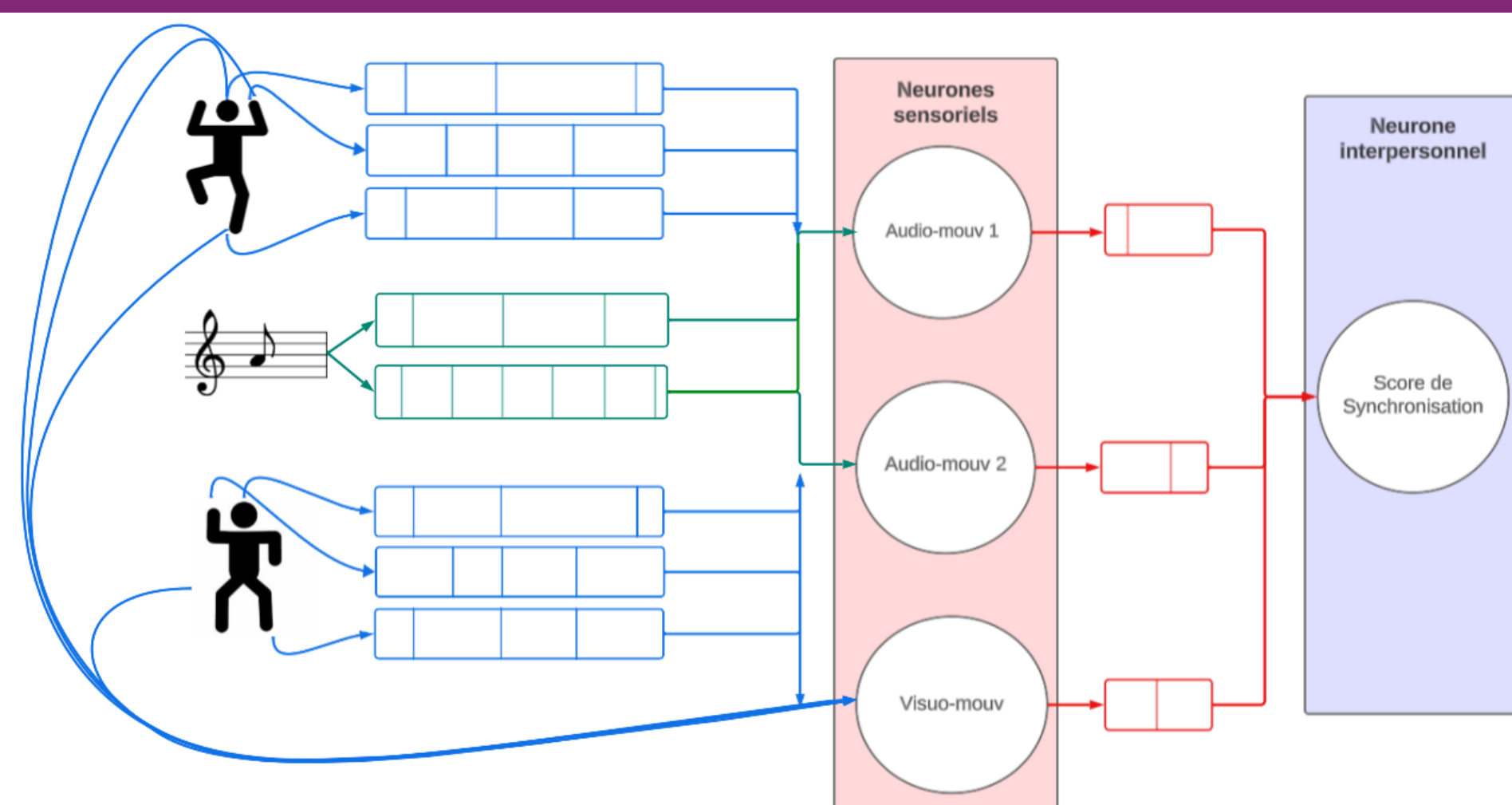


## 4 EXPÉRIENCE

Projection d'expérience :

Des participants, munis de capteurs dansent en présence de musique.

Leurs **mouvements**, ainsi que les différents **attributs de la musique** sont encodés sous forme d'impulsions puis analysés par un réseau de neurones impulsionnels.



## 5 DISCUSSION

Questions de recherche :

- Quels attributs musicaux permettent à l'individu de mieux se synchroniser ?
- Quelle est la part de l'aide audio vs l'aide visuelle dans la synchronisation personnelle ou sociale ?
- Les réseaux de neurones impulsionnels permettent-ils une bonne modélisation de la perception de la synchronisation chez l'humain ?

### Références

- STDP finds the start of repeating patterns in continuous spike trains. (2008) Masquelier T, Guyonneau R, Thorpe S [1]
- Incorporating Learnable Membrane Time Constant to Enhance Learning of Spiking Neural (2021) Fang W, Yu Z, Chen Y, Masquelier T, Huang T, Tian Y [2]

