

# EXPLORATION SONORE INTERACTIVE DE L'ACTIVITE CELLULAIRE

Johan David

Maxime Poret

Myriam Desainte-Catherine

Catherine Semal

LaBRI & INCIA - SCRIME, Université de Bordeaux

université  
de BORDEAUX

LaBRI scrime  
011010011001 01 10

INCIA  
BORDEAUX  
neurocampus

École doctorale  
Mathématiques  
et informatique

cnrs

Bordeaux INP  
AQUITAINE

## Contexte

Les méthodes de fluorescence des protéines et de microscopie à super-résolution ont permis une meilleure compréhension du fonctionnement des cellules. L'outil Fluosim<sup>1</sup> simule dans un cadre expérimental ces différentes techniques dont la *Single Particle Tracking (SPT)* permettant d'étudier le mouvement individuel de chaque protéine au sein de la cellule.

Le projet, proposé par Gregory Giannone, chercheur à l'IINS, consiste à construire un outil de sonification intégré à Fluosim.

La *sonification* est une méthode servant à communiquer des informations, principalement non textuelles, par le biais de sons autres que la parole humaine [1].

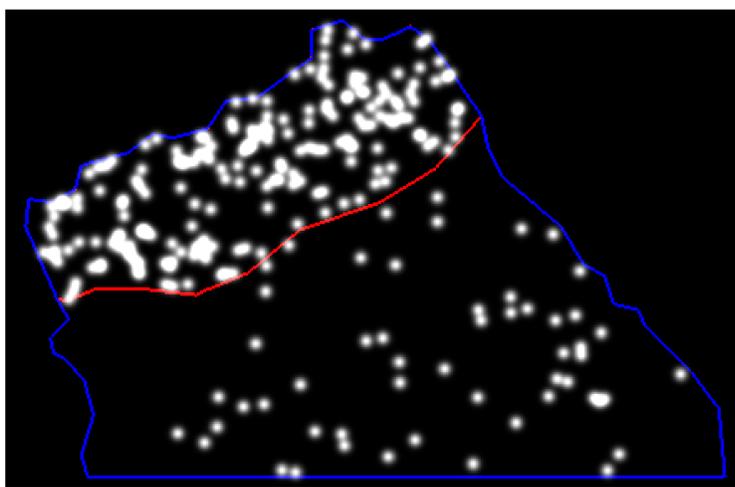


Fig. 1: Représentation d'une cellule contenant des molécules fluorescentes (SPT)

## Objectifs

La motivation de ce projet est d'avoir une représentation sonore qui soit une aide à l'analyse de la trajectoire des molécules, en particulier les synchronicités et les zones d'activité groupée.

- Différentes techniques de la sonification telle que le *Parameter Mapping* seront utilisées.
- Différents modes pour le rendu sonore sont présentés dans ces deux maquettes :

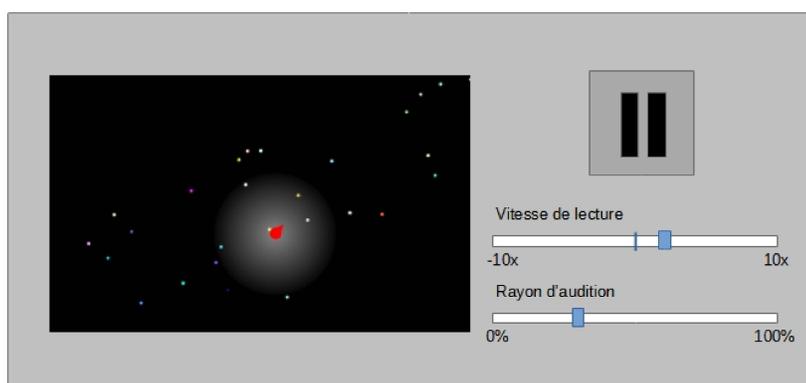


Fig. 2: **Mode Explorateur** : l'utilisateur se déplace dans la scène et le rendu sonore est synchronisé avec la lecture du fichier *.trc*.

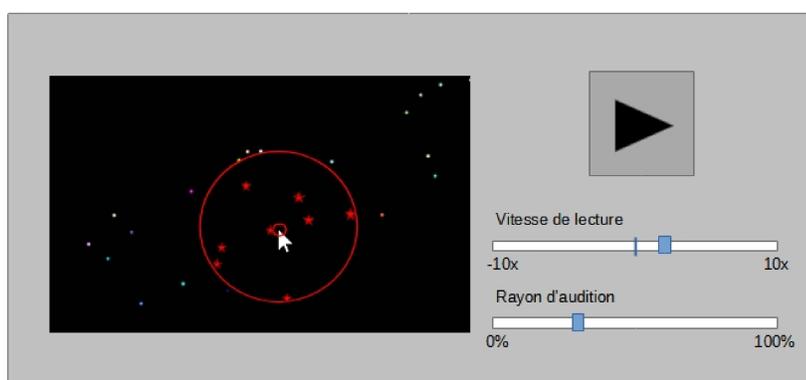


Fig. 3: **Mode Sonde** : lorsque la lecture est en pause, il est possible de générer des ondes d'excitation qui déclenchent le son des molécules qu'elles interceptent, inspiré du modèle de *Data Sonogram* [2].

- L'utilisateur pourra explorer l'environnement sonore de la cellule.
- Le rendu sonore sera spatialisé en fonction de la position et de l'orientation de l'utilisateur.

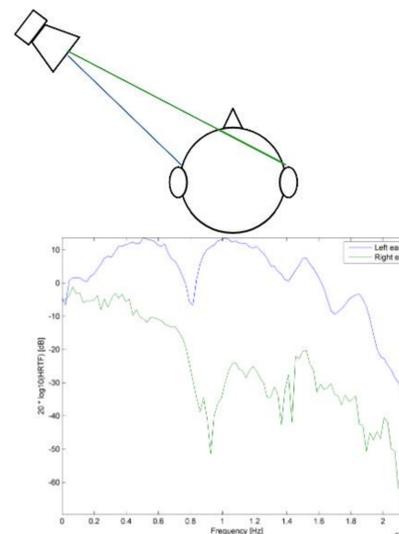


Fig. 4: Pour simuler l'impression de spatialisation, on peut utiliser une fonction de transfert relative à la tête (*HRTF*)<sup>3</sup>.

## Résultats

- Intégration en tant que plugin dans FluoSim.
- Spatialisation du son à l'aide de la librairie *SFML*.
- Implémentation d'un lecteur pour lire les fichiers *.trc* contenant les informations sur les protéines.
- Rendu graphique de l'utilisateur et des molécules.
- Choix d'un modèle de *Parameter Mapping* :
  - Indice de la molécule → Fréquence (Hz)
  - Intensité lumineuse du fluorophore → Amplitude
  - Forme d'onde du signal → Sinusoïdale
- Pour chaque instant de l'expérience, les protéines sont réparties dans des groupes et chaque sonification correspondant à un des groupes est jouée l'une après l'autre.

- Exemple de rendu sonore avec le modèle actuel :



## Perspectives

- Création d'autres modèles de *Parameter Mapping* pour mieux communiquer l'information.
- Utiliser la *synthèse FM* ou le format *MIDI* au lieu d'une onde sinusoïdale pour obtenir différentes textures sonores.
- Tests avec des utilisateurs et comparaison entre chaque modèle afin de déterminer celui ou ceux offrant la représentation la plus adéquate pour FluoSim.

## Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier M. Matthieu Lagardère pour son travail sur le logiciel FluoSim et d'avoir répondu à toutes nos questions sur le projet. Merci également à M. Gregory Giannone pour nous avoir proposé le sujet de ce projet.

## Références

- [1] Gregory KRAMER. « Auditory Display : Sonification, Audification and Auditory Interfaces » (1994).
- [2] T. HERMANN et H. RITTER. « Listen to Your Data : Model-Based Sonification for Data Analysis » (juin 2000).

<sup>1</sup> <https://github.com/mlagardere/FluoSim>  
<sup>2</sup> <http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/glossary.html>, Mai 2021