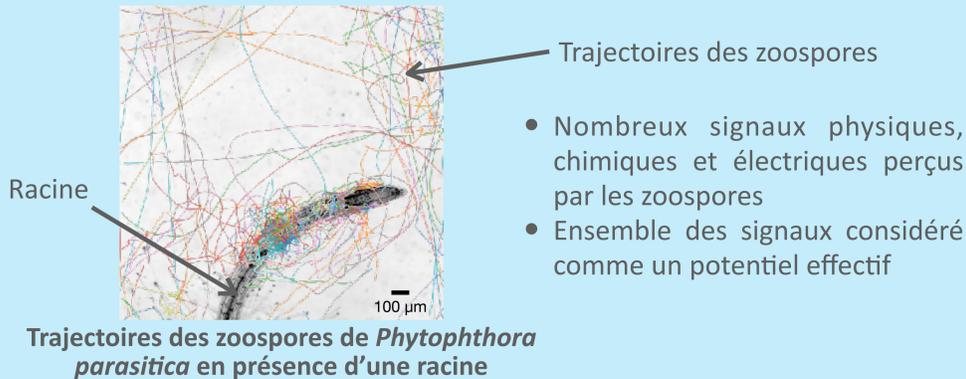


Résumé

Le microorganisme *Phytophthora parasitica* est un pathogène de plantes qui infecte la plante par la racine. Ce pathogène existe sous forme de zoospore, cellule biflagellée, dont la nage a déjà été décrite [3]. Cependant, la caractérisation du déplacement des zoospores proche d'une racine reste difficile en raison des nombreux signaux de natures différentes qui influencent les mouvements des microorganismes. L'ensemble de ces signaux est alors considéré comme un potentiel effectif dans lequel se déplacent les zoospores. Nous avons développé, pendant ce stage, un outil numérique dont l'objectif est de retrouver des informations relatives à ce potentiel effectif. Deux indicateurs sur la probabilité d'occupation et le taux d'attractivité de l'espace ont été réalisés. Différents tests ont été menés sur des trajectoires de particules modélisées numériquement afin de valider ces indicateurs.

1 - Déplacement des *Phytophthora parasitica* en présence d'une racine



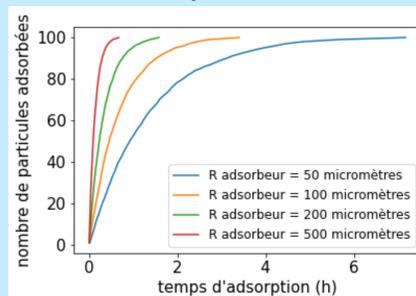
2 - Modélisation de particules actives en présence d'un adsorbeur représentant une racine

Utilisation du langage Python pour l'ensemble des simulations
Ensemble des modèles réalisés en 2D

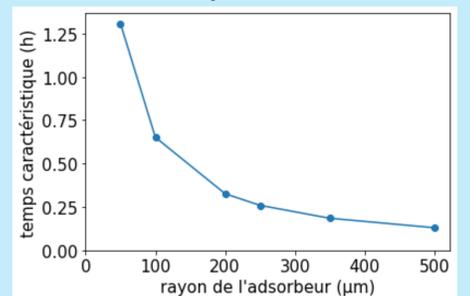
Le modèle :

- Particules actives réalisées sur le modèle des *P. parasitica* [3],
- Particules placées dans une boîte de 9000x8000 μm²,
- Adsorbeur circulaire, placé au centre de la boîte. A son contact, les particules s'arrêtent sur son contour.

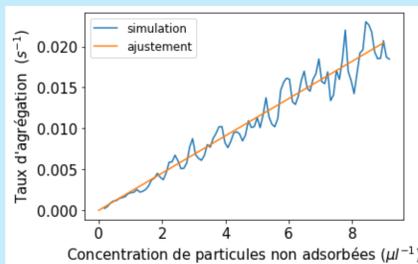
Nombre de particules adsorbées en fonction du temps d'adsorption pour différents rayons d'adsorbeur



Temps caractéristique d'adsorption des particules en fonction du rayon de l'adsorbeur



Taux d'agrégation de particules sur l'adsorbeur en fonction de la concentration de particules non adsorbées



- Dérivée de la courbe pour un rayon d'adsorbeur de 50 μm
 - Pente = taux d'agrégation normalisé par le nombre de particules non adsorbées
- Valeur obtenue par la simulation : 8 μl/h
Valeur expérimentale : 5 μl/h [2]

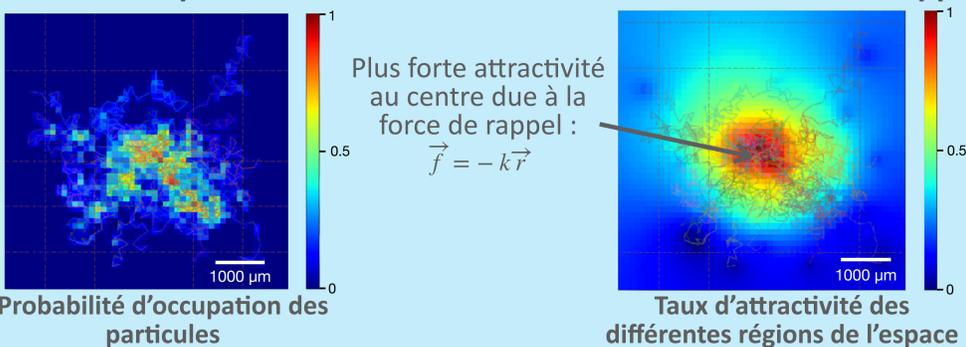
→ Compatible avec une rencontre aléatoire des zoospores avec la racine

3 - Création de différents indicateurs numériques et tests sur différents types de trajectoires simulées

Création d'un outil numérique à l'aide de Python :

- 1 - Pavage de l'espace occupé par les particules
- 2 - Deux types d'indicateurs :
 - Probabilité d'occupation de l'espace par les particules
 - Attractivité des différentes régions de l'espace
- 3 - Affichage des cartes en fausses couleurs associées à ces deux indicateurs
- 4 - Test de l'outil avec des particules browniennes simulées numériquement pour étalonner l'outil

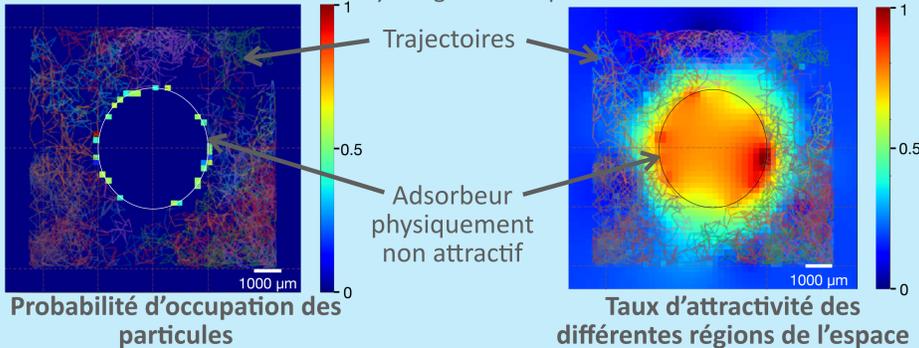
Test avec des particules browniennes soumises à une force de rappel



→ Résultats numériques en accord avec le modèle physique

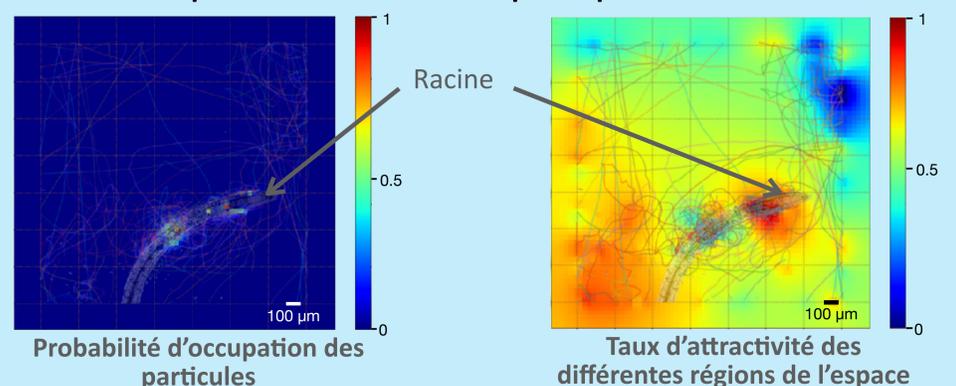
Test avec des particules browniennes en présence d'un adsorbeur

Particules placées dans une boîte de 9000x8000 μm² contenant un adsorbeur circulaire de rayon égal à 2000 μm



→ Emergence d'une zone attractive centrée sur l'adsorbeur due à l'absence de compensation des déplacements bloqués par celui-ci

4 - Test des indicateurs sur des trajectoires expérimentales et perspectives



Perspectives :

- Adopter une approche quantitative des indicateurs (existants ou nouveaux) par leurs combinaisons, leurs analyses spatiales (seuillage, lignes de niveaux,...) et leurs évolutions temporelles,
- Confirmer la reproductibilité des résultats à partir des trajectoires expérimentales et s'interroger sur le rôle de la troisième dimension.

Références

- [1] Brillinger, D. R., Learning a Potential Function From a Trajectory. IEEE Signal Processing Letters, Vol. 14, 2007.
- [2] Cohen, C., F.-X. Gauci, X. Noblin, E. Galiana, A. Attard, et P. Thomen. Kinetics of zoospores approaching a root using a microfluidic device. BiorXiv, 2023.
- [3] Tran, Q. D., E. Galiana, P. Thomen, C. Cohen, F. Orange, F. Peruani, et X. Noblin. Coordination of two opposite flagella allows high-speed swimming and active turning of individual zoospores. eLife, 2022.