

## Recherche de politique optimale dans un espace 1D ou 2D Application à l'agriculture durable

SUPERVISOR: Michèle Sebag: sebag@lri.fr, Simon Mouliéras: simon.moulieras@greenshield.fr

LAB: LRI – CNRS – INRIA – Paris-Sud, U. Paris-Saclay

LAB: Greenshield Technology - 46 rue Saint-Antoine, Paris IV

### RÉSUMÉ :

Un exemple de la question de recherche au cœur du stage est : comment définir les stimuli (engrais et pesticides) conduisant une culture (par ex. les vignes, qui sont parmi les plus gros consommateurs de traitements) à maximiser ses résultats sous contraintes (borne sur engrais et pesticides) ?

Plus généralement : étant donné un système stochastique, dont l'équation d'évolution est connue, comment définir les actions qui amènent le système dans un état donné, ou qui maximisent un retour ?

L'approche proposée s'inspire de l'apprentissage par renforcement (model-based : la dynamique est connue).

### CONTEXTE ET APPROCHE PROPOSÉE :

L'espace est décrit par un ensemble de noeuds ; on pourra s'inspirer des GraphNNs [1,2]. En chaque noeud et chaque pas de temps, deux actions sont possibles : ne rien faire ; injecter un stimulus (sous contrainte d'une quantité bornée de stimuli cumulée au cours du temps). L'équation d'état (supposée connue) indique comment l'état de l'espace évolue en fonction des stimuli. L'état global à l'horizon  $T$  considéré définit le retour de la politique d'injection de stimuli.

La première difficulté fondamentale concerne l'identification d'une représentation compressée de l'espace d'états, e.g. de la notion d'une région à risque. La seconde difficulté consiste à proposer un espace pour la représentation de la politique. On pourra **formaliser le problème comme un jeu à un joueur** ; considérer que ce joueur (i.e. la politique) injecte les stimuli au bon endroit et au bon moment. Le système (du champ et du joueur) co-évolue ainsi et on mesure les retours.

Une seconde difficulté fondamentale est la nature stochastique du problème posé : l'évolution du système dépend par exemple de la pluie qui tombe, ou non. Deux approches sont envisageables : considérer des scénarios et s'attaquer à la maximisation d'une moyenne empirique (long ; sauf à admettre une grande variance) ; ou bien, que la loi de transition agisse directement au niveau de la distribution, i.e. transforme la distribution  $D(i, t)$  d'état du noeud  $i$  à  $t$  en  $D(i, t + 1)$  (rapide, élégant, plus difficile).

### VALIDATION :

Le contexte applicatif est celui proposé par la société Greenshield, reposant sur son expertise en mathématique et agronomie. On pourra considérer le cas du mildiou de la vigne, une maladie fongique qui est la cause principale des baisses de rendement et la cause majeure de la consommation de phytosanitaires.

Soit  $\mu(i, t)$  la présence de maladie en un lieu  $i$  du champ à l'instant  $t$  et  $m(t)$  la météo à l'instant  $t$ . La décision  $\phi(i, t)$  (binaire) est d'appliquer ou non le traitement phytosanitaire en  $i$  à  $t$ . En fonction de ces décisions, on sait calculer l'incidence de la maladie de manière spatio-temporelle, et le rendement obtenu à  $T$ .

Si le temps le permet les résultats de ce stage seront déployés dans les parcelles des partenaires de Greenshield où sont expérimentées les stratégies de traitement optimisées.

Ce stage demande de très bonnes capacités mathématiques et informatiques (programmation NN en partant de bibliothèques existantes). Ce stage peut déboucher sur une thèse.

### REFERENCES :

- (1) J. Bruna, W. Zaremba, A. Szlam, and Y. LeCun, "Spectral networks and locally connected networks on graphs" ICLR, 2014
- (2) A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks, 2019, <https://arxiv.org/pdf/1901.00596.pdf>