# Sujets TP d’application INT21 — 2025

# Par groupe de 2 ou 3 personnes

## TP simples :

- Faire un algo mémétique et le comparer à l'algo simple, tester sur des Weierstrass et sur Rastrigin.
- Programmer un niching et tester sur Rastrigin en grande dimension.
- Comparer différents algorithmes d'optimisation multi-objectifs.
- Programmer un algorithme multi-population (modèle en ilôts), le comparer à un algo classique.

## TP de difficulté moyenne :

- Programmer et tester différentes mesures de diversité.
- Régression symbolique : A Living Benchmark for Symbolic Regression
- Régression symbolique pour prédire les émissions d'ammoniaque dans l'environnement
- Labyrinthe avec  ArenaBot.
- Optimisation d'un réseau de neurones.

## TP plus compliqués :

- Visualisation des trajectoires d'apprentissage en GP dans un espace sémantique.
- Co-evolution coopérative : problème « Lamps ».
- Co-évolution compétitive : modèle prédateur/proie.
- Exploring Hawk-Dove games
- Evolution interactive d'ensembles de Julia.

**Sujet « sur mesure » sur demande**

## Contrôle

- **Présentation 10 min + 5 min questions**
- **Présenter méthode, résultats**
- **Analyse critique !**

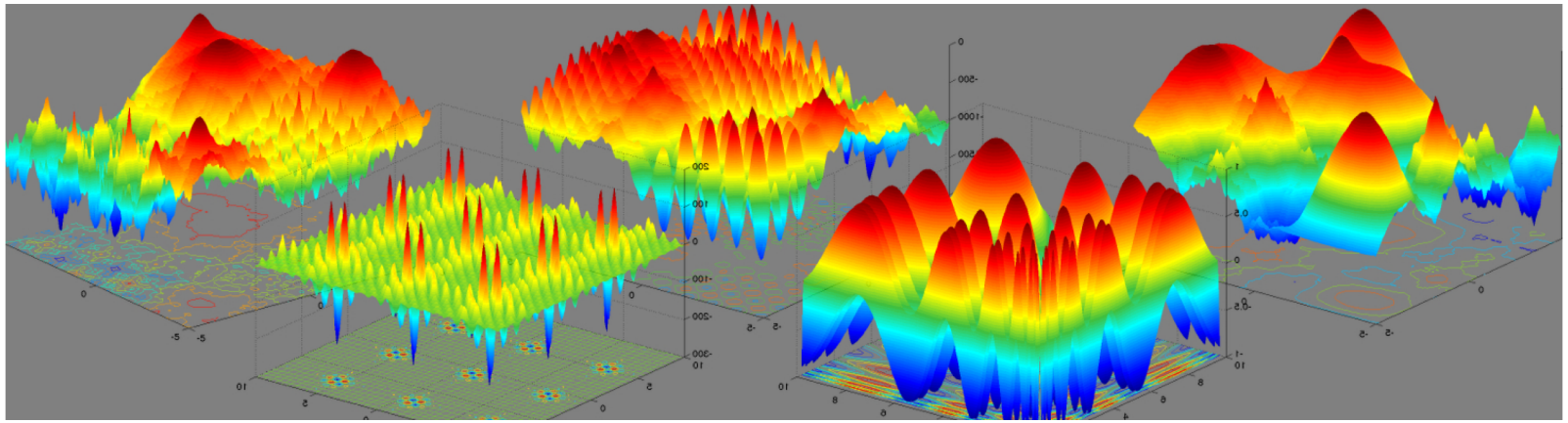
# Algorithme évolutionnaire mémétique

- **Optimisation évolutionnaire classique, mais dotée de capacités “d’apprentissage”. En général : rajout d’une optimisation locale lors de l’évaluation de chaque individu.**
- **Implémentation avec inspyred.**
- **Tester scipy.optimize.minimize comme optimiseur local.**
- **Paramétrage et comparaison de l’approche mémétique avec l’approche classique.**

***Niveau de difficulté*** 

# Niching : Identification des différents optima

- **Fonctions multi-modales :**



- **L'optimisation évolutionnaire classique converge vers  un seul optimum local.**
- **Solution : Forcer la population à converger vers plusieurs optima plutôt qu'un seul.**
- **Implémenter à l'aide d'inspyred une ou plusieurs méthodes de niching.**
- **Tester les méthodes sur des fonctions multi-modales et comparer leurs performances avec l'optimisation évolutionnaire classique (code TP1).**

***Niveau de difficulté*** ★

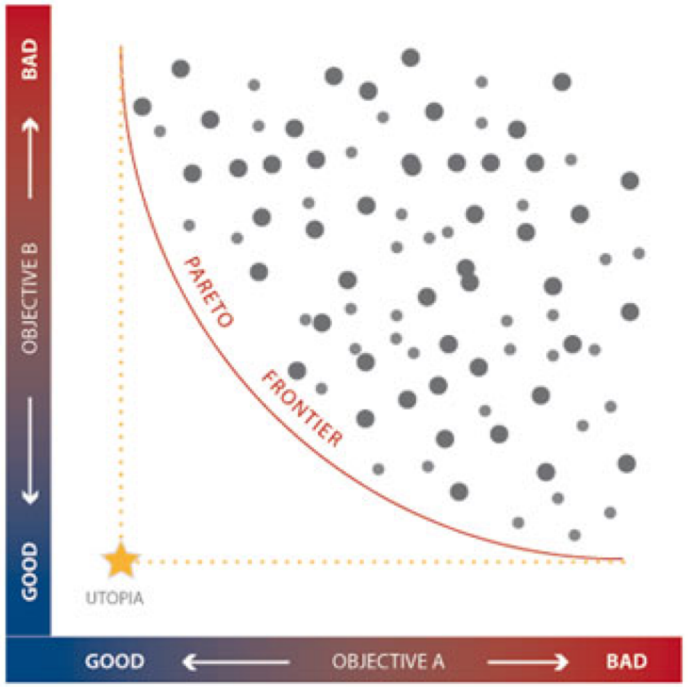
# Comparaison de différents algorithmes d'optimisation multi-objectifs

- **Comparer les performances entre NSGA-II, NSGA-III et MOEA/D**
  - **Temps de calcul,**
  - **Qualité des fronts obtenus (programmer différentes métriques).**

- **Utilisation de différents problèmes multi-objectifs, avec un nombre d'objectifs variable.**

- **Lien code : https://pymoo.org**

- **Benchmarks : https://pymoo.org/problems/multi/zdt.html**




*Niveau de difficulté* ★

# Algorithme multi-populations : modèle à îlots

- Point de départ : https://pythonhosted.org/inspyred/examples.html#island-models
- Comparer avec un modèle mono-population utilisant le même nombre d'évaluations.
- Faire varier le nombre d'îlots, les fréquences de communication.
- Sur différentes fonctions-test (Rastrigin, Weierstrass).

Niveau de difficulté ★

# Mesurer et suivre la diversité

- Programmer une mesure de diversité de population.
  - Mesures géométriques : somme, max, moyenne des distances entre toutes les paires possibles d'individus (définir une distance sur l'espace de recherche : phénotypique, génotypique, fitness ?)
  - Mesures statistiques (variance, écart-type, caractéristiques calculées sur les histogrammes des valeurs de gènes, entropie de Shannon)
- Affichage à chaque génération (petite visualisation).
- Tester et comparer les mesures de diversité (différents paramétrages d'AE sur quelques fonctions-test).

https://aarongarrett.github.io/inspyred/reference.html#benchmarks-benchmark-optimization-functions

Niveau de difficulté ☆☆

# Régression symbolique : A Living Benchmark for Symbolic Regression

Utiliser le code https://cavalab.org/srbench/ pour tester PySR, Gplearn et PyOperon (accessibles par pip install) sur :

- https://github.com/cavalab/srbench
- https://cavalab.org/srbench/user-guide/#reproducing-the-experiment
- https://github.com/heal-research/pyoperon

Niveau de difficulté ☆☆

# Régression symbolique pour prédire les émissions d'ammoniaque dans l'environnement

*« L'ammoniaque est un facteur déterminant dans la production de particules fines »*
**Armand Favrot,**
Doctorant INRAE, MIA-PS

- **Jeu de données : tableau excel d'émissions d'ammoniaque (NH3) dans l'environnement en fonction d'autres paramètres (température, vent, fertilisant, … et du temps)**

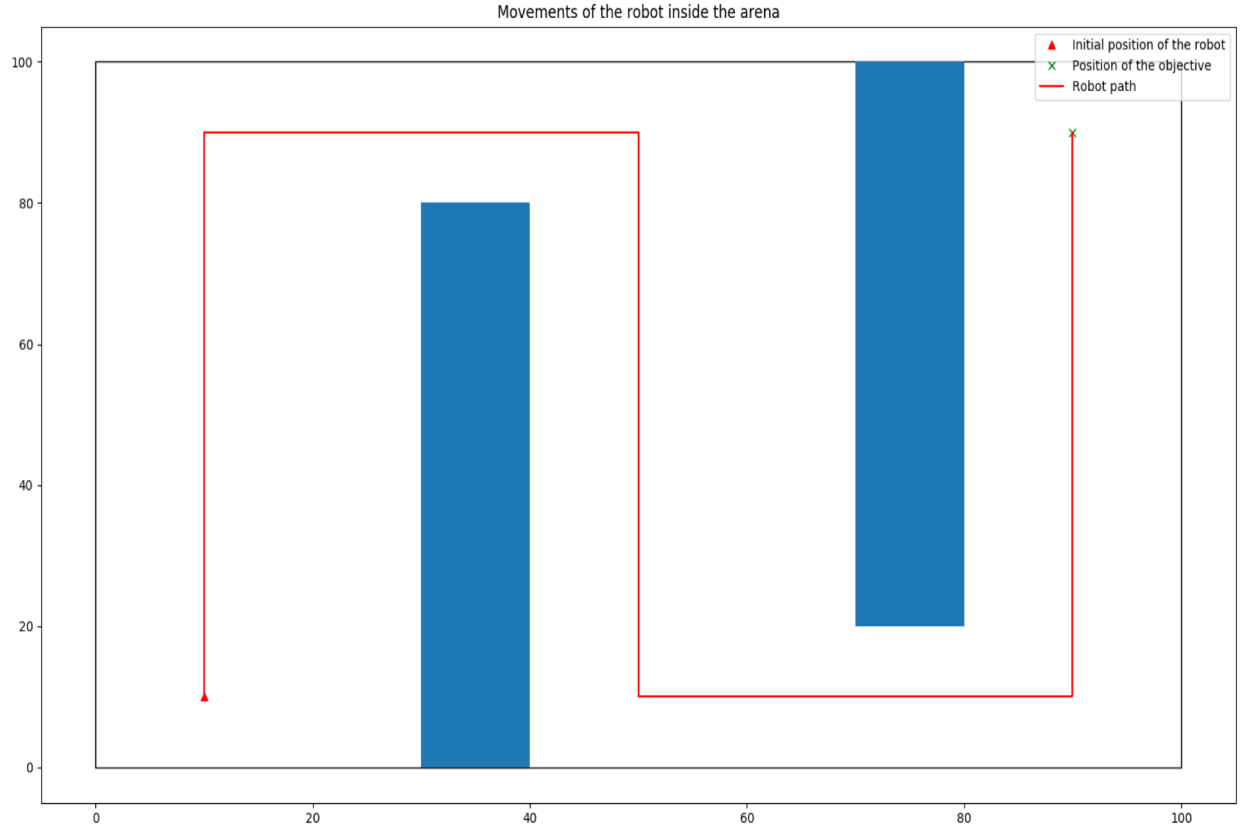
$$\frac{dy}{dt} = f(y, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- **Transformer les données du tableau pour apprendre la fonction f par programmation génétique.**

- Utiliser PySR ou GPLearn ou autre

***Niveau de difficulté*** ★★

# Labyrinthe




- A l'aide d'inspyred, écrire un algo GP pour aider un "robot" à trouver son chemin dans un labyrinthe

- Le robot va recevoir une liste de commandes ("move 80", "rotate 90", "move 20", …) et la fitness évalue la distance de l'objectif.

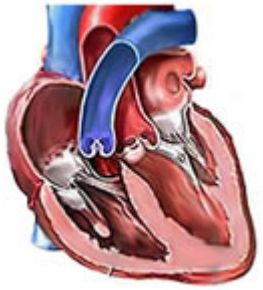
  Le robot ne peut pas passer à travers les murs.

  La fonction dans **arenabot.py** calcule la fitness pour une liste de commandes donnée.

Niveau de difficulté ★★

# Optimisation de réseaux de neurones

- **Prérequis : une bonne connaissance en apprentissage de réseaux de neurones artificiel (Keras ou PYTorch)**
- **Jeu de donnée : OpenML.org**
- **Apprendre les poids et la structure d'un réseau de neurones par optimisation évolutionnaire.**
- **Réduire au maximum la complexité du réseau tout en gardant un niveau de prédiction satisfaisant (multi-objectifs ?).**



***Niveau de difficulté*** ★★

# Visualisation des trajectoires d'apprentissage en GP dans un espace sémantique

- Visualiser le comportement d'un algorithme de PG sur un problème de régression (au choix)
- Calculer la position du meilleur individu au cours des générations dans un espace sémantique de grande dimension (voir cours GP).
- Faire une réduction dimensionnelle pour une visualisation en 2D.

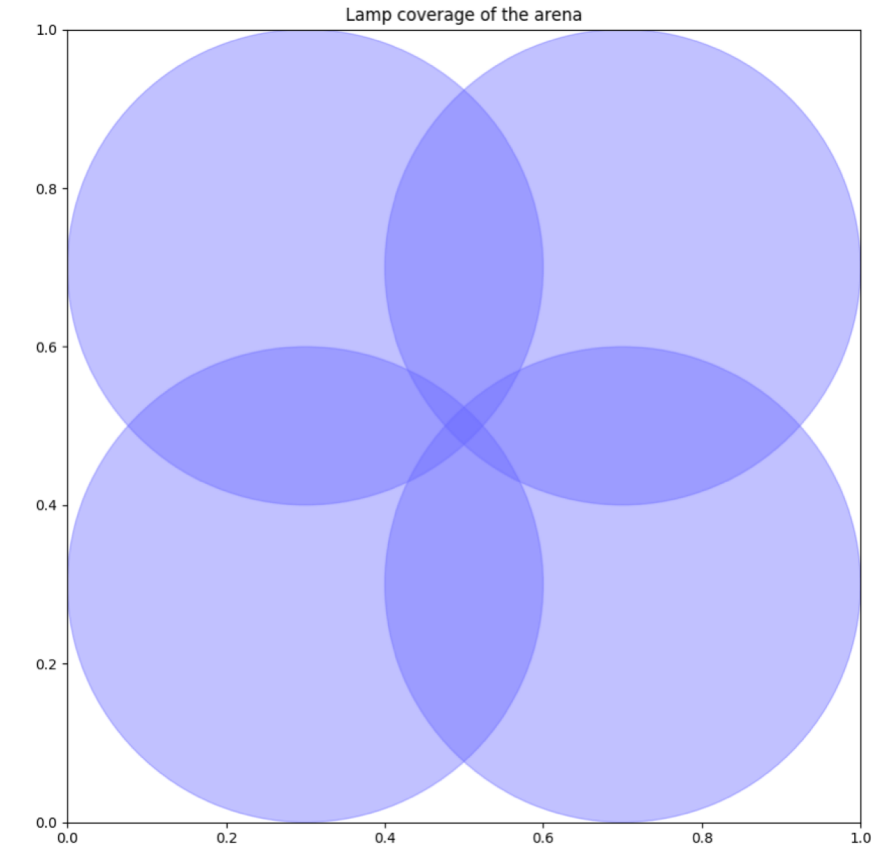
voir code sur https://github.com/albertotonda/experiments-cosine-similarity)

- Tester, comparer, plusieurs algorithmes : PySR, PyOperon, GPLearn.

Niveau de difficulté ★★★

# Co-evolution coopérative

- Avec un cas d'étude "lamps", utiliser inspyred (ou autre) pour créer un "cooperative co-evolutionary algorithm"




- Chaque individu est un lampe (un cercle), et l'objectif global c'est de couvrir le carré  avec le minimum de lampes. La fitness de chaque lampe est son recouvrement du carré.

***Niveau de difficulté*** ★★★

# Co-évolution compétitive : prédateur/proie

- Point de départ = modèle à base d'agents wolf/sheep : https://github.com/projectmesa/mesa/tree/main/mesa/examples/advanced/wolf_sheep
- Deux populations : les loups et les moutons.
- Génomes = caractéristiques individuelles des agents (loups ou moutons).
- Evaluation = chaque individu a un niveau d'énergie qui correspond à sa fitness.
- Sélection / Croisement / mutation  évolutionnaire pour chaque population (à programmer !).

***Niveau de difficulté*** 

# Exploring Hawk-Dove games

https://www.nature.com/articles/s41598-017-04284-6#:~:text=While%20hawks%20are%20willing%20to,c%20H%20%2C%20while%20doves%20retreat.

Article | Open access | Published: 06 July 2017

## Evolutionary dynamics of N-person Hawk-Dove games

Wei Chen, Carlos Gracia-Lázaro, Zhiwu Li, Long Wang & Yamir Moreno

*Scientific Reports* **7**, Article number: 4800 (2017) | Cite this article

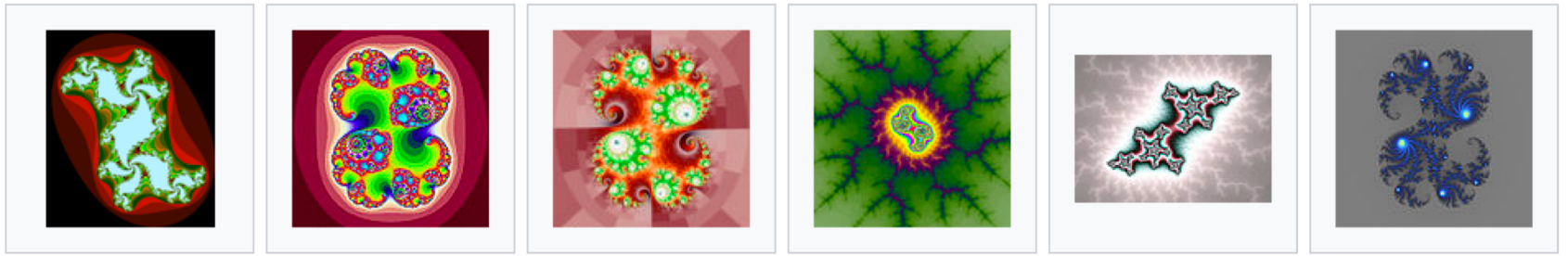


***Niveau de difficulté*** ★★★

# Exploration interactive d'images fractales : ensembles de Julia.

- **Ensembles de Julia :**

  Comportement de la suite $z_{n+1} = z_n^2 + c$ dans le plan complexe.



Ensemble de Julia de $z^2 + c$ avec $c = 0.3 + 0.5i$.

Ensemble de Julia pour $c = 0.285 + 0.01i$ (courbes de niveau du nombre d'itérations).

Le même ensemble avec une coloration différente (nombre d'itérations et pavage selon le secteur d'arrivée).

Détail de l'ensemble de Julia pour $c = -1.417022285618$.

Détail de l'ensemble de Julia pour $c = -0.038088 + 0.975$.

Ensemble de Julia pour $c = 0.285 + 0.013i$.

- **Génome : c = x + iy + table de couleurs + ?**
- **Evaluation interactive par un slider.**
- **Présentation d'une population, vote et itération suivante.**

***Niveau de difficulté*** ★★★★