

Projet de fin de semestre 4

Module : Intelligence Collective

Filière : Ingénierie Intelligence Artificielle

# Swarm Optimization: A Multi-Agent Approach for Neural Network Optimization with Bacterial Foraging Optimization (BFO) as a Use Case

*Réalisé par :*

*MOUHAJIR Mohamed*

*NECHBA Mohammed*

*Sous la direction de :*

*Pr. Yasser El Madani El Alami*

Année universitaire 2022-2023

# Plan

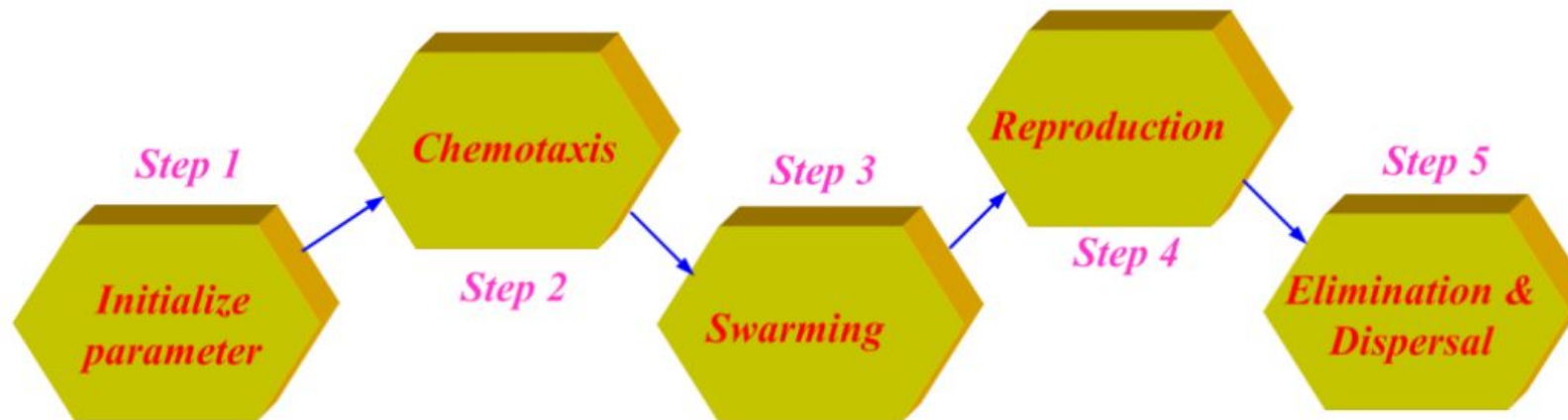
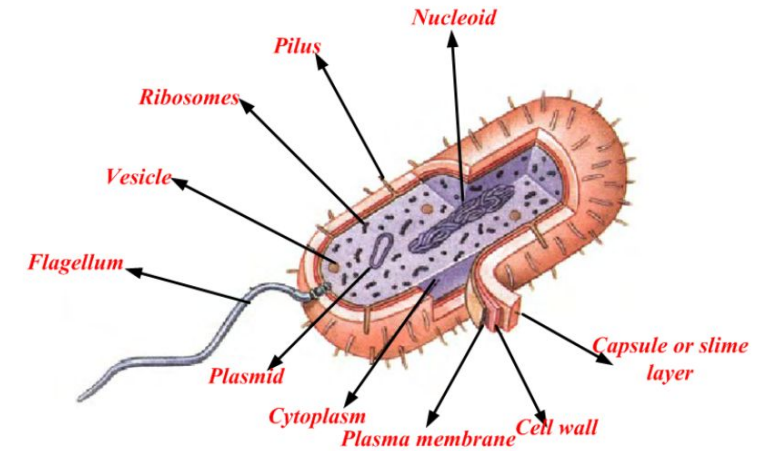
---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- Algorithm BFO
- Neural Network Architecture
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Introduction

Le **Bacterial Foraging Optimization (BFO)** est une méthode d'optimisation qui s'inspire du comportement de recherche de nourriture de la bactérie **E. coli**. En observant la capacité des bactéries à localiser des sources de nourriture favorables tout en évitant les zones toxiques.

Pour simuler le comportement de la bactérie E.Coli, le BFO utilise des 5 étapes suivantes qu'on va les détailler par la suite:



# Plan

---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- Algorithm BFO
- Neural Network Architecture
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Les Principaux comportements de la bactérie E. Coli

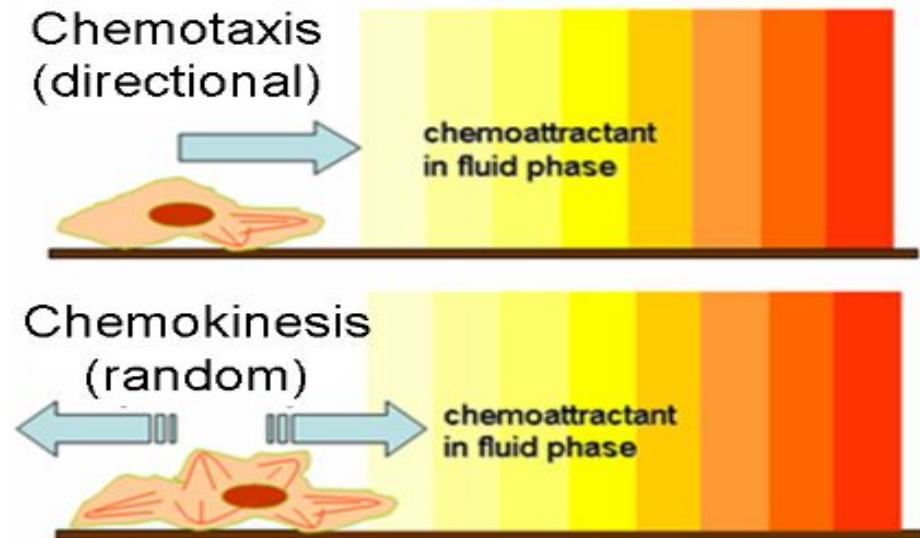
## 2-1- Chemotaxis (ou Le chimiotactisme)

La "**chemotaxis**"( ou **chimiotactisme**) : est la capacité des bactéries à se déplacer vers les substances chimiques attractives et à s'éloigner des substances chimiques répulsives dans leur environnement.

On la représente par la formule suivante:

$$\theta^i(j+1, k, l) = \theta^i(j, k, l) + C(i) \frac{\Delta(i)}{\sqrt{\Delta^T(i)\Delta(i)}}$$

- $\theta^i(j, k, l)$  : la position de  $i^{\text{ème}}$  bactérie après  $j$  **chemotaxis**,  $k$  reproduction et  $l$  **elimination-dispersal operations**
- $C(i)$  : le pas de la recherche pour le  $i^{\text{ème}}$  bactérie
- $\Delta$  : un vecteur aléatoire de norme unitaire.



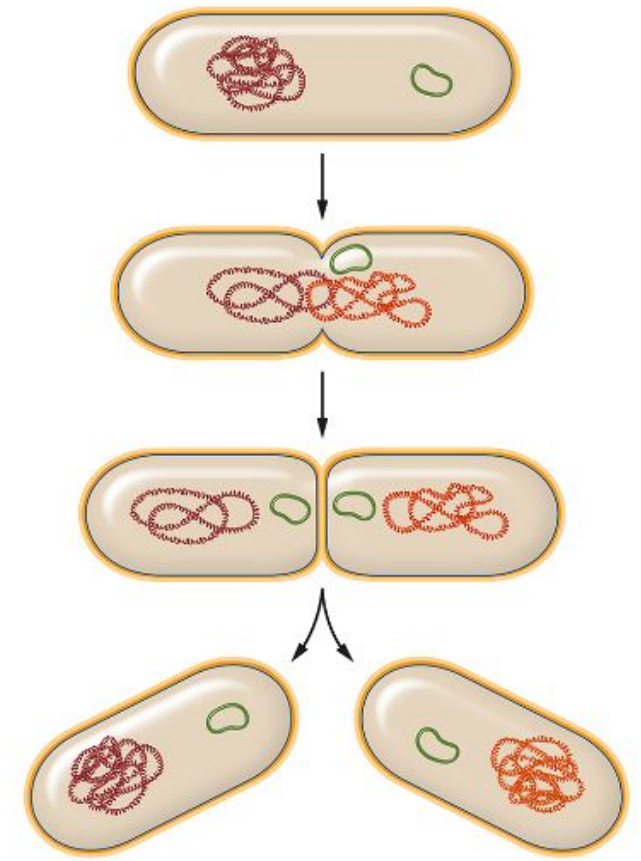
# Les Principaux comportements de la bactérie E. Coli

## 2-3- La Reproduction

- La "**reproduction**" est une étape du processus de **chemotaxis** où les zones favorables à la survie des bactéries sont déterminées en fonction de leur condition physique ou bien la fonction "**fitness**" :  $J(i,j,k,l)$ , tq:

$J(i,j,k,l)$ : la fct fitness du  $i^{\text{ème}}$  bactérie après  $j$  chemotaxis,  $k$  reproductions et  $l$  elimination-dispersal operations.

- Ensuite, la moitié des bactéries présentes dans les zones de faible concentration de nourriture sont éliminées, tandis que l'autre moitié se reproduit.
- Ainsi, le nombre total de bactéries reste constant, mais la vitesse de convergence de l'algorithme est accélérée grâce à cette opération de reproduction.



# Les Principaux comportements de la bactérie E. Coli

---

## 2-2- Swarming (ou La formation d'essaim)

- Le comportement de **Swarming** (ou "formation d'essaim" ) chez les bactéries se manifeste par des interactions entre les individus lors de la recherche de nourriture.
- Les bactéries émettent des signaux pour attirer les autres vers les zones riches en nourriture, favorisant ainsi l'accumulation de bactéries.
- De même, des signaux sont émis pour maintenir les bactéries à distance des zones faibles en nourriture.
- Cette interaction accélère la recherche de zones à forte concentration de nourriture, améliorant ainsi l'efficacité de recherche collective des bactéries

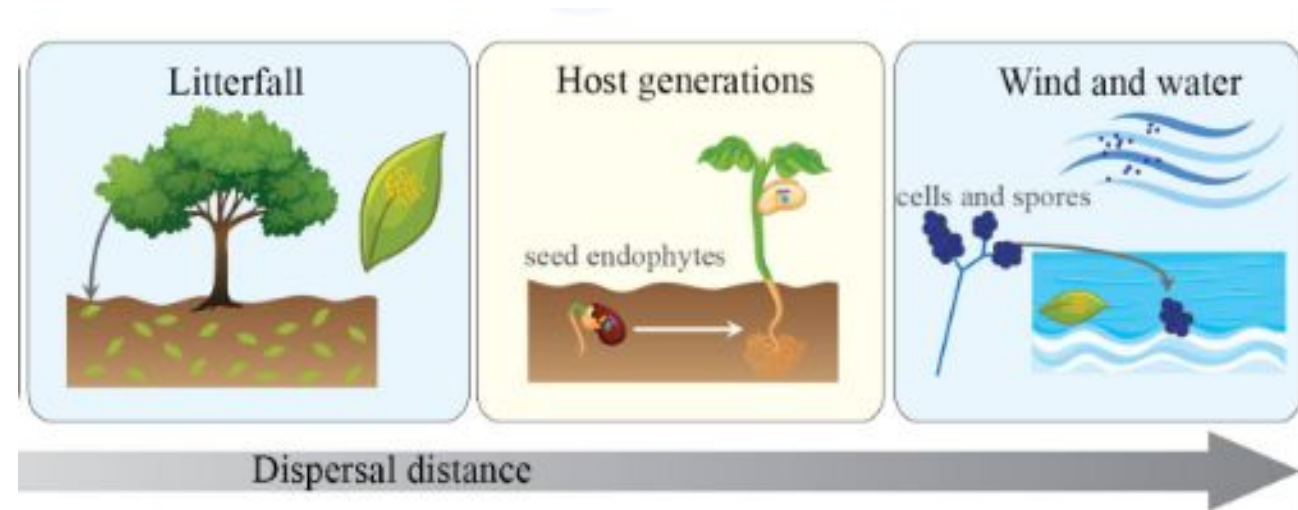




# Les Principaux comportements de la bactérie E. Coli

## 2-4- Elimination-Dispersal

- L'opération de " **elimination-dispersal** " est nécessaire dans le processus de chemotaxis afin de prévenir les risques de solutions optimales locales.
- Les bactéries peuvent disparaître de leur position actuelle avec une probabilité (**Ped**) et apparaître dans un endroit aléatoire.
- Cette opération permet aux bactéries de rechercher dans de nouvelles zones et aide également l'algorithme à explorer la solution optimale globale en évitant de rester piégé dans des solutions locales.



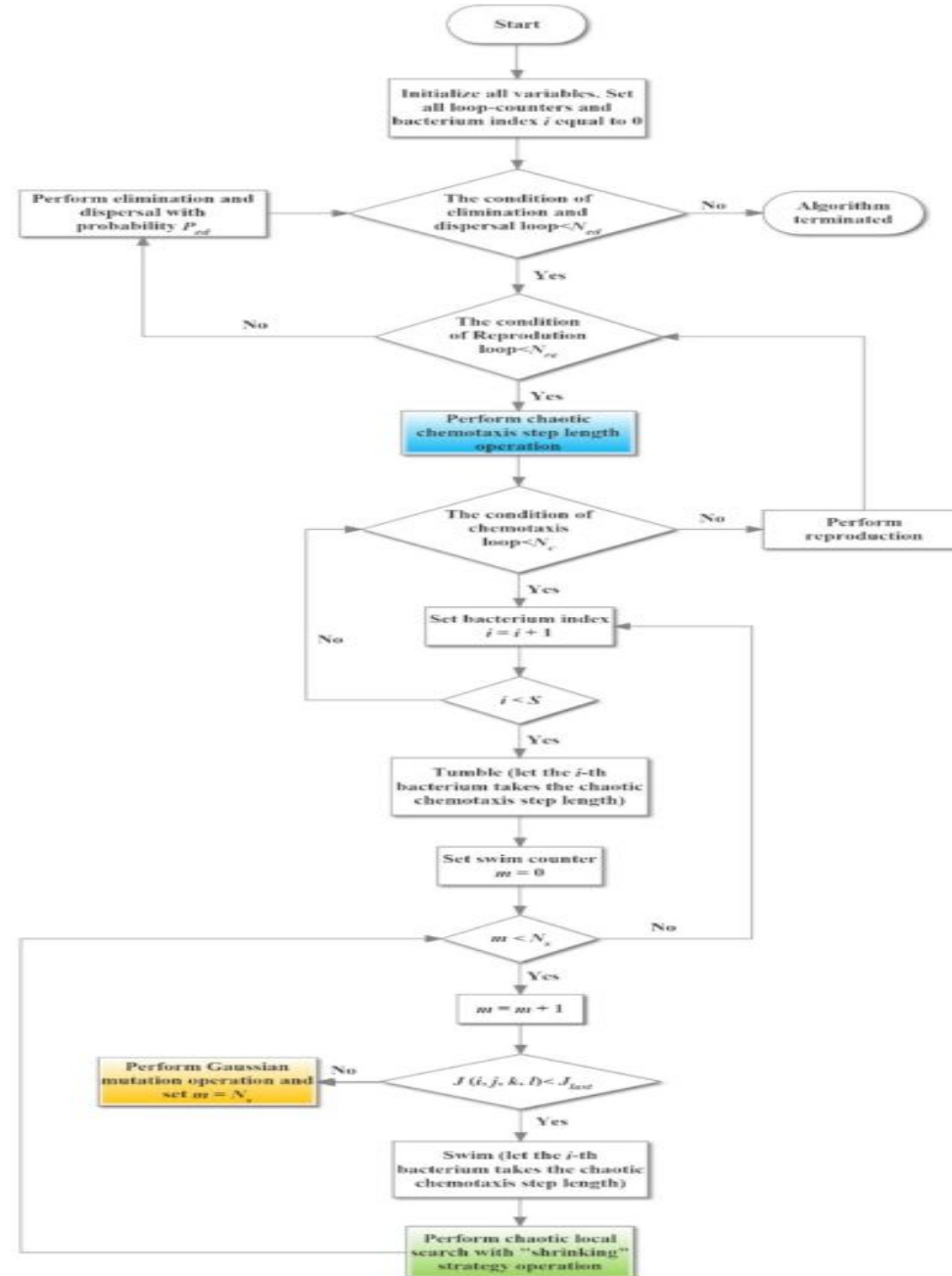


# Plan

---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- **Algorithm BFO**
- Neural Network Architecture
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Algorithm BFO



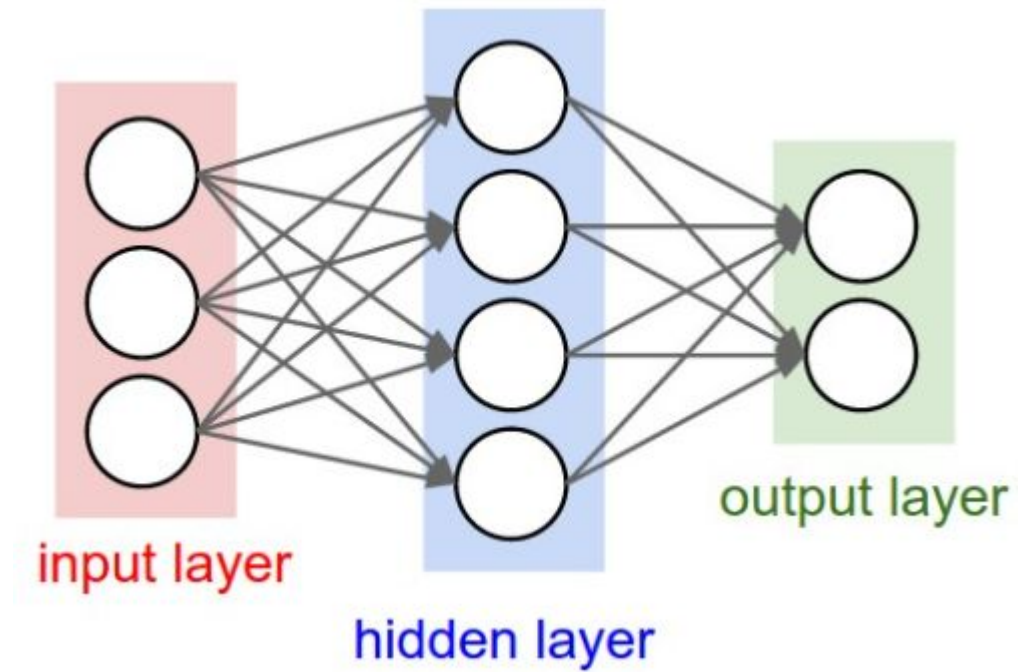
# Plan

---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- Algorithm BFO
- **Neural Network Architecture**
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Neural Network Architecture

---



# Plan

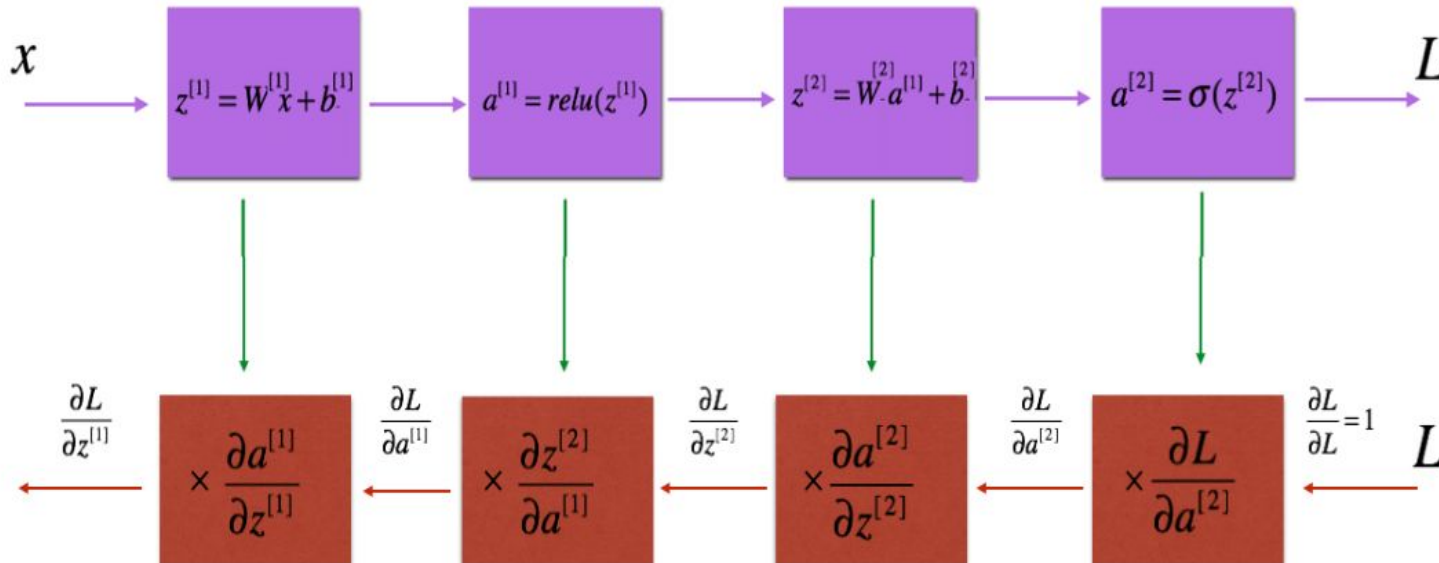
---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- Algorithm BFO
- Neural Network Architecture
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Classical Backpropagation vs BFO-based

## 3-1-Présentation de la différence entre les deux approches.

### Classical Backpropagation: Gradient -based approach



$$dW^{[l]} = \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial W^{[l]}} = \frac{1}{m} dZ^{[l]} A^{[l-1]T}$$

$$db^{[l]} = \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial b^{[l]}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m dZ^{[l](i)}$$

$$dA^{[l-1]} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A^{[l-1]}} = W^{[l]T} dZ^{[l]}$$

### BFO-based approach

Déterminer la solution optimale pour la fonction de perte en se basant sur une **méthode bio-inspirée** qui modélise le comportement des **bactéries E. Coli** lors de leur **recherche de la nourriture**.

# Classical Backpropagation vs BFO-based

---

## 3-2-Résultats obtenus après l'utilisation des deux méthodes

	F1 score	time(seconds)
Gradient Descent based Neural Network	0.66	0.007
BFO based Neural Network	0.81	0.06

- Le réseau neuronal basé sur le BFO obtient un F1 score significativement plus élevé : 0,81 contre 0,66 pour la descente de gradient.
- Cela suggère que l'approche BFO offre une meilleure précision dans la prédiction des valeurs cibles.
- Cependant, le temps d'entraînement est plus long pour le BFO : 0,06 secondes contre 0,007 seconde pour la descente de gradient.
- En résumé, le réseau neuronal basé sur le BFO est plus précis (F1 score plus élevé), mais nécessite plus de temps d'entraînement.



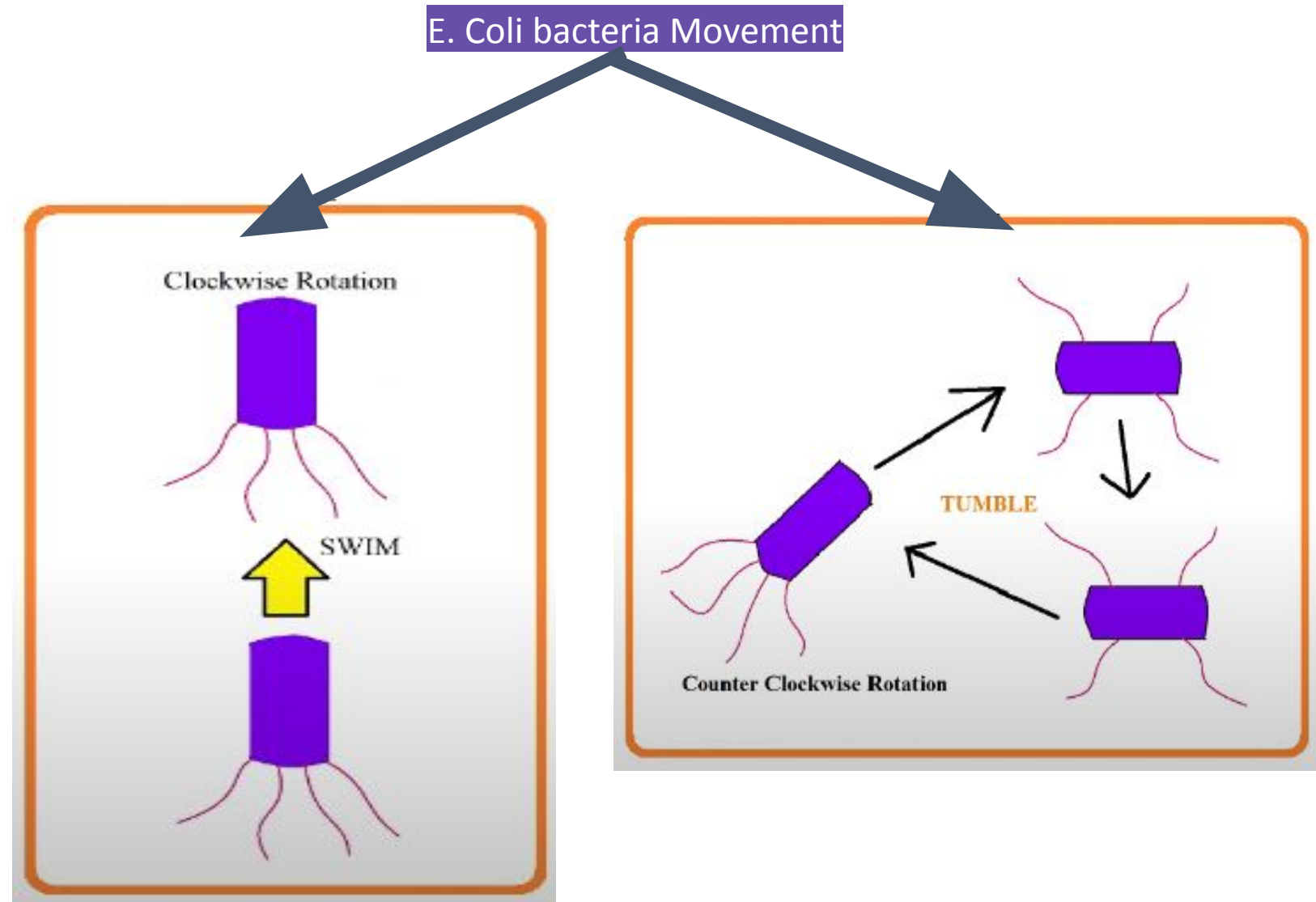
# Plan

---

- Introduction
- Les principaux comportements de la bactérie E. Coli
- Algorithm BFO
- Neural Network Architecture
- Comparaison entre Backpropagation classique et celui basé sur BFO
- Conclusion

# Conclusion

En résumé, le Bacterial Foraging Optimization (BFO) est une méthode d'optimisation inspirée du comportement de recherche de nourriture des bactéries. En utilisant des opérations telles que le chimiotactisme et l'agrégation, le BFO vise à résoudre des problèmes d'optimisation en simulant les mécanismes de survie et de reproduction des bactéries.



---

**Merci pour votre attention**