

Fil rouge

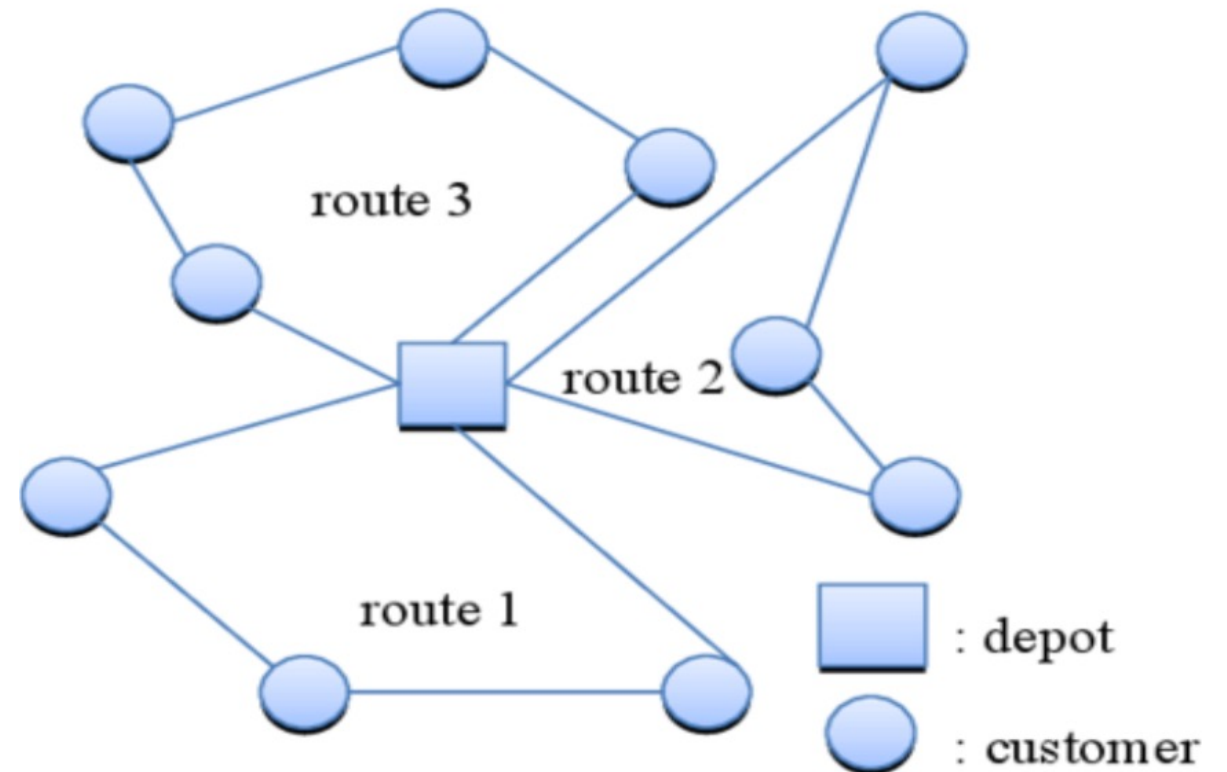
VRP : Vehicle routing problem

Electif ICO

S. HAMMADI- H. ZGAYA-BIAU, S. BEN OTHMAN, P. YIM

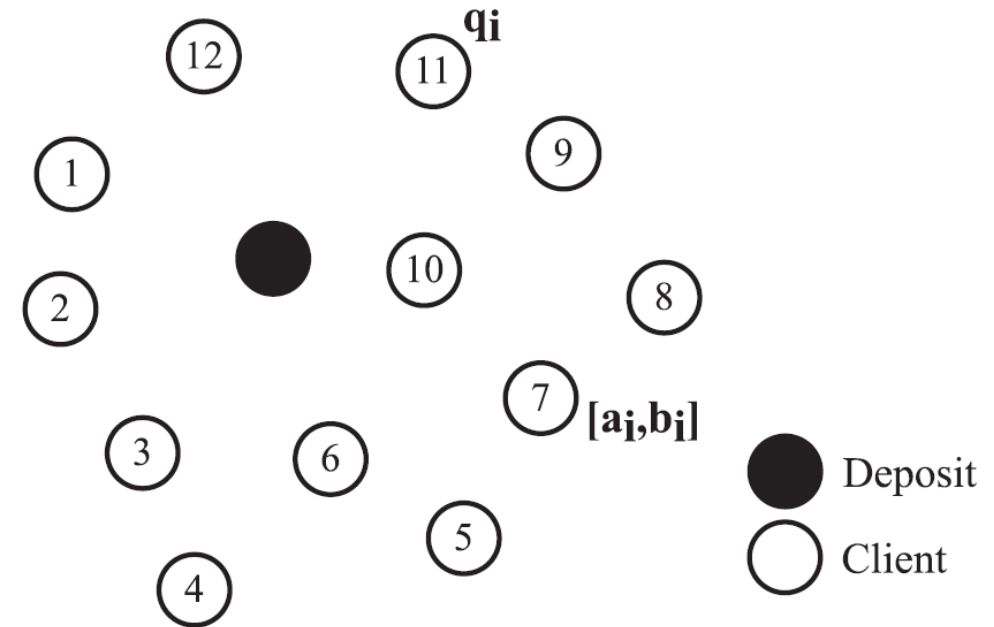
Problème de tournées de véhicules

- Le problème de tournées de véhicule est un problème de combinaison nœud-service à **routes multiples** avec **limitation de la capacité** du véhicule.
- VRP est classé comme un problème NP-difficile.
- VRP est une généralisation du problème du voyageur de commerce (TSP).



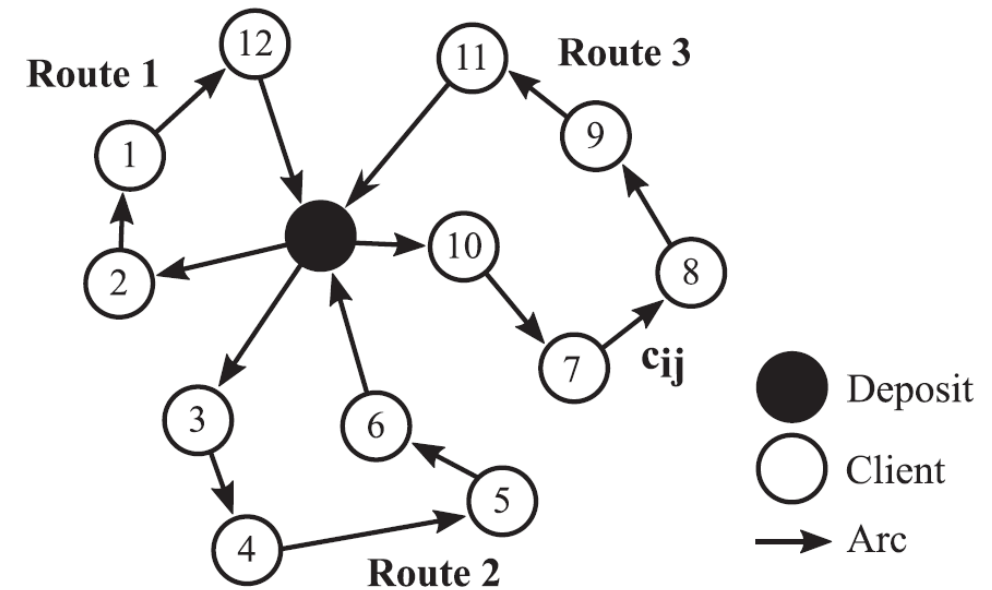
Exemple : Problème de tournées de véhicules

- $K=\{k:k=1,2,\dots,|K|\}$: un ensemble des véhicules situés dans un seul dépôt
- $C=\{i:i=1,2,\dots,N\}$: un ensemble de clients répartis géographiquement.
- Tous les véhicules ont la même capacité Q .
- Chaque client i a une demande donnée q_i et doit être servi dans un intervalle de temps spécifiée $[a_i, b_i]$.



Exemple : Problème de tournées de véhicules

- C_{ij} : le coût du voyage entre le client i et le client j .
- La solution $x = [0, 2, 1, 12, 0, 3, 4, 5, 6, 0, 10, 7, 8, 9, 11, 0]$.
- L'indice 0 : le dépôt et les trois routes de cette solution sont : $\text{route1} = [0, 2, 1, 12]$, $\text{route2} = [0, 3, 4, 5, 6]$ et $\text{route3} = [0, 10, 7, 8, 9, 11, 0]$.
- La solution x est également décrite comme: $[\text{route1}, \text{route2}, \text{route3}]$.



Exemple : Problème de tournées de véhicules

- L'objectif est de déterminer un ensemble de routes afin de minimiser le coût total. Chaque route est associé à un seul véhicule.
- le coût d'une solution x est calculé comme suit:

$$f(x) = \omega K(x) + \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} \quad (1)$$

où:

- c_{ij} : coût entre clients (i, j) , qui peut être lié à la distance entre les clients;
- E : ensemble d'arcs appartenant à la solution x ;
- $K(x)$: nombre de véhicules dans la solution x ;
- ω : un facteur de pénalité arbitraire non négatif important.

Optimisation : Métaheuristiques

- La combinaison de deux ou plusieurs métaheuristiques pour résoudre des problèmes d'optimisation est de plus en plus utilisée.
- L'objectif principal de l'hybridation des métaheuristiques est :
 - choisir les meilleures caractéristiques de chaque métaheuristique pour résoudre un POC;
 - Obtenir une meilleure qualité de solution dans un temps plus court;
 - Augmenter la capacité à affronter des problèmes plus complexes.

Systemes multi-agents

Principales stratégies de l'hybridation

Les systèmes multi agents (SMA) sont utilisés comme liaison entre différentes métaheuristiques pour résoudre des problèmes d'optimisation (approche coopérative, collaborative, parallélisme, etc).

SMA avec décomposition de l'espace de recherche : en répartissant les contraintes et les variables du problème entre les agents, chaque agent est chargé d'optimiser sa perspective locale et, au final, les solutions partielles sont combinées pour une solution globale.

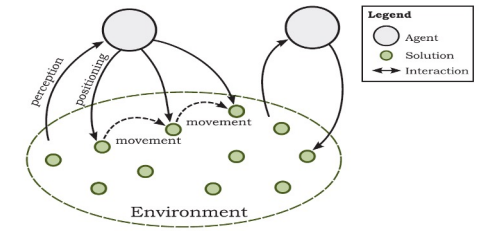
SMA avec décomposition métaheuristique : les éléments qui composent les métaheuristiques sont définis comme des agents. Ces éléments peuvent être des heuristiques de bas niveau, des stratégies de recherche, des solutions, une population ou une partie de population et/ou des particules.

SMA avec agents métaheuristiques : considère chaque métaheuristique comme un agent autonome et propose d'explorer les avantages de l'utilisation de systèmes multi-agents pour affiner et combiner les solutions de ces métaheuristiques.

Systeme multi-agents

- ***Mode de fonctionnement pour assurer la diversité et le partage des informations:***
 - Chaque agent est responsable de l'exécution de sa propre tâche en même temps, de l'utilisation des solutions fournies par d'autres agents pour améliorer ses propres solutions.
 - Les agents interagissent et travaillent ensemble pour atteindre un objectif prédéfini.
 - L'interaction entre les différents agents se produit via un pool de solutions.
 - La communication doit être contrôlée par les règles d'accès au pool.
- chaque agent est doté d'une heuristique / métaheuristique et a pour fonction de rechercher la solution pour un POC donné (VRP).

Interaction Agent-Environnement



- Pendant le processus de recherche de la solution, les agents de la structure doivent passer par l'environnement système multi-agents.

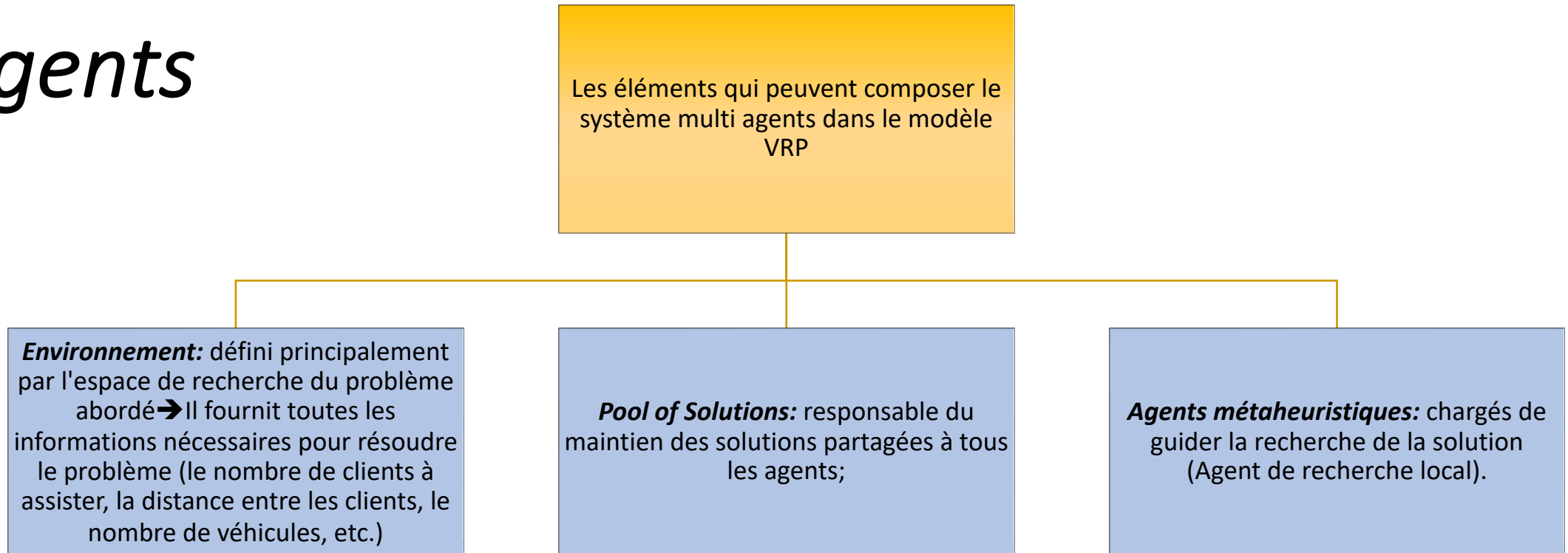
Perception de l'environnement: capacité des agents à accéder aux informations sur le problème;

Positionnement: capacité des agents à définir leurs positions dans l'environnement, soit par la construction d'une nouvelle solution, soit par le choix de solutions déjà disponibles;

Déplacer: capacité de l'agent à se déplacer, d'une solution à une autre dans l'environnement. Le déplacement comprend ici toutes sortes de modifications de solution (structures de voisinage, opérateurs) qui permettent à l'agent de passer d'une solution à une autre;

Coopération: capacité de l'agent à partager et à apporter des solutions aux autres agents du système.

Systeme multi agents



Coopération via un pool de solutions partagé

Fonction d'évaluation

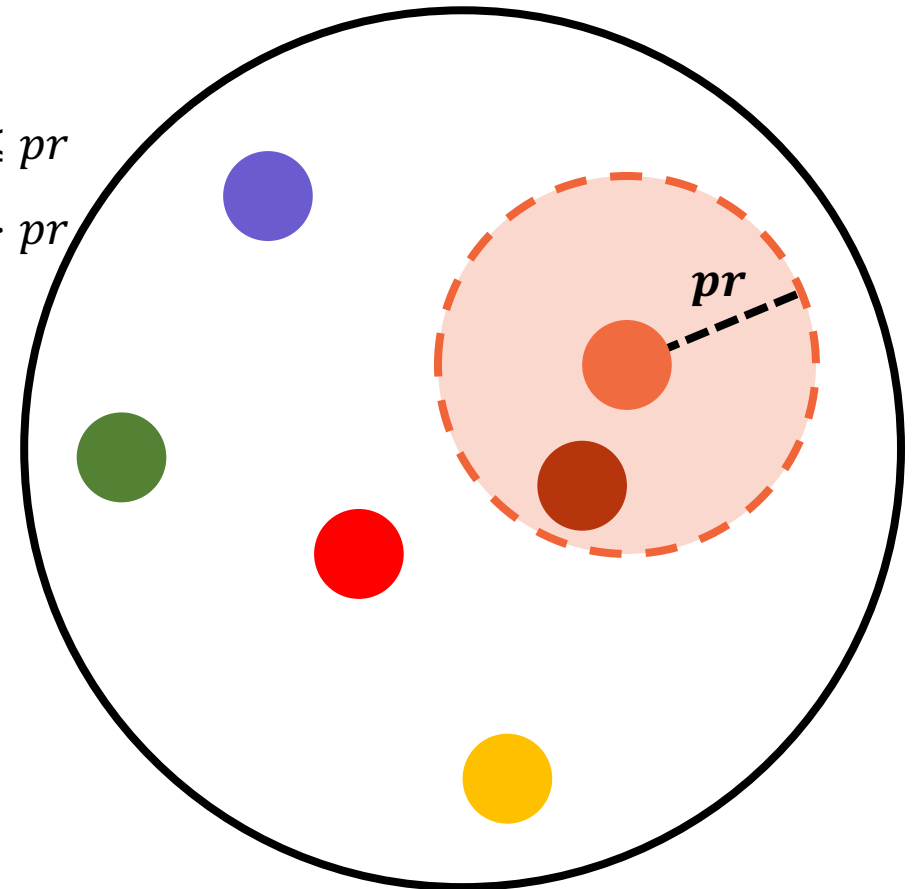
$$g(\phi_i) = \sum_{j=1}^P \phi(\lambda_{ij}) \quad \text{où} \quad \phi(\lambda_{ij}) = \begin{cases} 1 - \frac{\lambda_{ij}}{pr} & \text{si } \lambda_{ij} \leq pr \\ 0 & \text{si } \lambda_{ij} > pr \end{cases}$$

pr (pool radius) : contrôle la **dispersion** des solutions

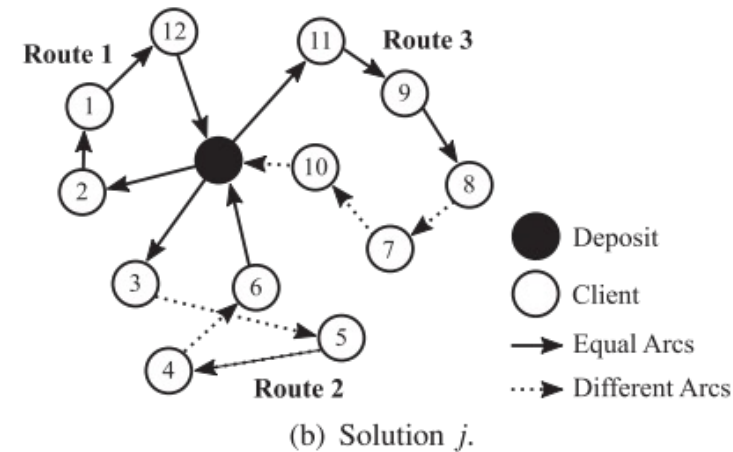
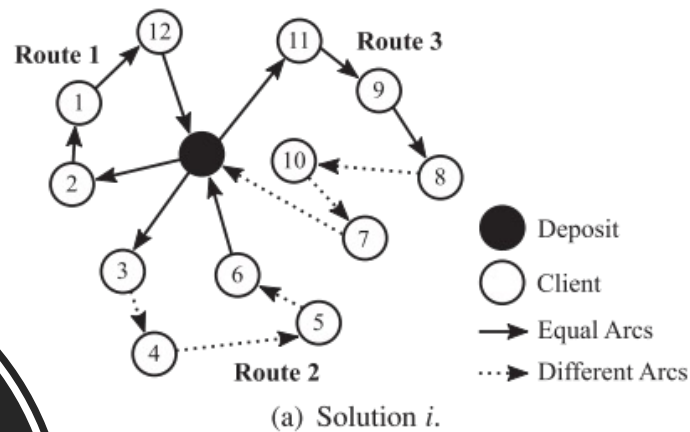
λ_{ij} : représente à quel point les 2 solutions sont **similaires**

Ainsi, $\phi(\lambda_{ij})$ représente la **distance** entre 2 solutions

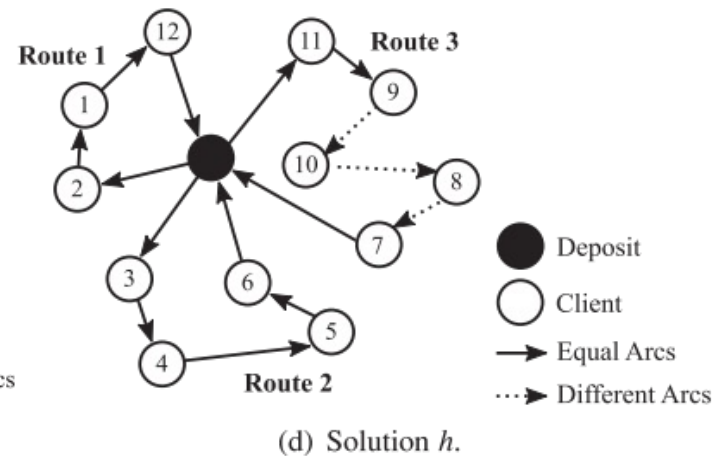
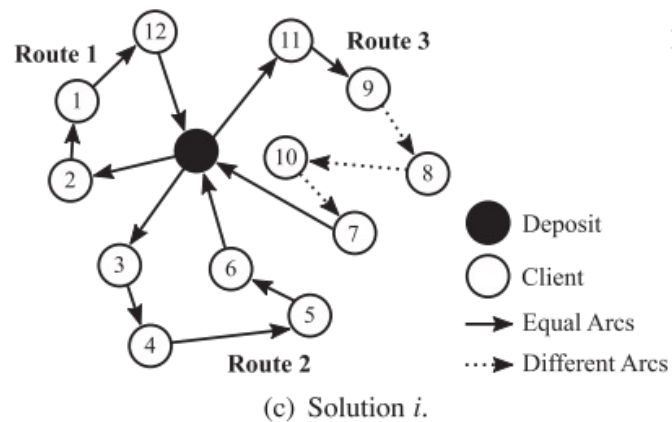
Le but de cette fonction d'évaluation est d'**assurer la diversité** dans l'ensemble des solutions (pool)



Exemples de calcul de λ_{ij}



$\lambda_{ij}=12$
12 arcs non-communs entre les solutions



$\lambda_{ij}=6$
6 arcs non-communs entre les solutions

Le facteur pr

- Le facteur pr est un paramètre du problème qui contrôle le degré de dispersion des solutions.
- Par exemple, pour VRPTW, utilisé dans ce fil rouge, il s'agit du nombre minimum d'arcs pour qu'une solution soit considérée comme très proche de l'autre.
- Par conséquent, sa valeur dépend directement de la taille de l'instance à résoudre du problème traité.

Collaboration : Deux protocoles d'interaction

Interaction Ennemis :

- Les agents n'ont pas accès aux solutions trouvées par les autres agents mais seulement aux valeurs de meilleurs critères calculé par les autres agents.



Chaque agent va essayer de trouver la meilleure solution.

Interaction Amis :

- Un échange d'informations spécifiques entre les agents dans l'environnement de recherche de solutions.
- Les informations partagées dans ce mode sont la solution complète du problème et sa valeur de critère.
- Les solutions trouvées par les agents, sont conservées dans l'espace mémoire partagé (EMP), ces solutions sont utilisées par les autres agents.



Comment garantir la diversité de l'EMP de solution ?

