

Nous allons comparer les quatres métaheuristiques implémentées afin de voir l'apport de chaque méthode en terme de qualité de solution et de temps d'exécution.

Tout d'abord nous allons vous rappeler les métriques de cette comparaison, ainsi que la formule de chacune :

- **Temps d'exécution moyen** : la moyenne des temps d'exécution pour toutes les instances ayant la même valeur du N , le nombre d'objets.
- **La moyennes des écarts de la solution optimale** : pour chaque instance on calcule $(n_bins - opt) * 100 / opt$ avec n_bins nombre de boîtes obtenu par la métaheuristique et opt nombre de boîtes dans la solution optimale, puis on calcule la moyenne de ces écarts pour les instances ayant le même nombre d'objets, hormis la classe HARD qui a été séparée des autres, vu le degré de difficulté de ces instances.

Il est à noter que les résultats des algorithmes AG, et RS sont le résultats de dix exécutions par instance, afin d'échapper à l'aspect aléatoires des fonctions intérieures à ces deux méthodes, où le temps d'exécution moyen et la meilleure solution parmi les dix obtenues ont été pris Dans ce qui suit on va comparer:

- Whale Optimization Algorithm (WOA).
- Improved Whale Optimization Algorithm (ILWOA).
- L'Algorithm Génétique (AG).
- Recuit Simulé (RS).

1 Comparaison par rapport au temps d'exécution

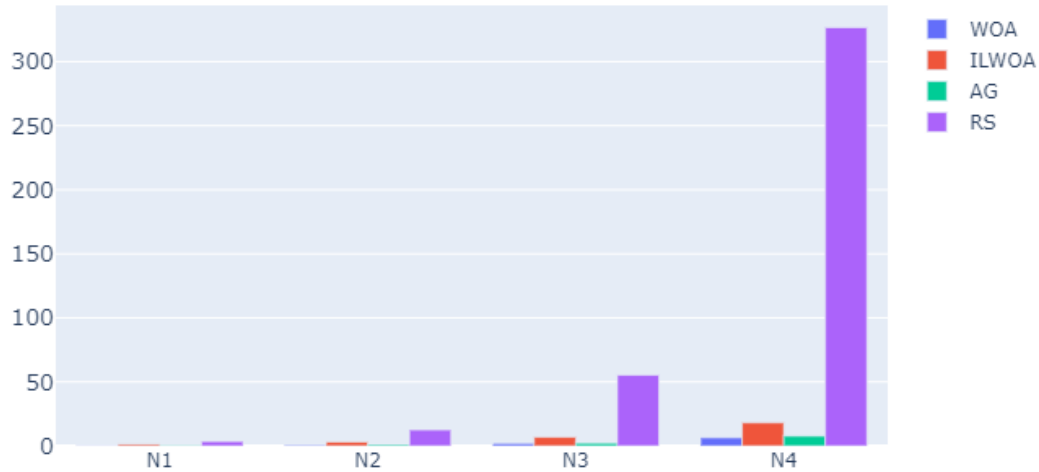


Figure 1: la moyenne des temps d'exécution (en s) des métaheuristiques en fonction de la taille d'instance

1.1 Analyse et interprétation

- On peut clairement voir à partir du graphe ci-dessus que le recuit simulé (RS) est l'algorithme le plus lent des quatre algorithmes, et dont le temps d'exécution augmente avec l'augmentation de la taille des instances.
- l'algorithme génétique (AG) est la méthode la plus rapide suivi du WOA en deuxième position, et ILWOA juste derrière.
- Contrairement à ce que le graphe montre, l'algorithme ILWOA converge beaucoup plus rapidement que WOA. En effet, le temps d'exécution ne reflète pas exactement la vitesse de convergence d'un algorithme dans notre cas dû au choix de la condition d'arrêt qui est pour rappel le nombre d'itérations (section ILWOA).
- Le temps d'exécution des métaheuristiques est plus grand que le temps d'exécution des heuristiques, et ceci est triviale, à cause de la nature gloutonne des heuristiques, contrairement aux métaheuristiques

qui sont des méthodes plus sophistiquées, utilisant plusieurs mécanismes d'intensification et diversification pour éviter les optimums locaux.

2 Comparaison par rapport à la qualité de la solution

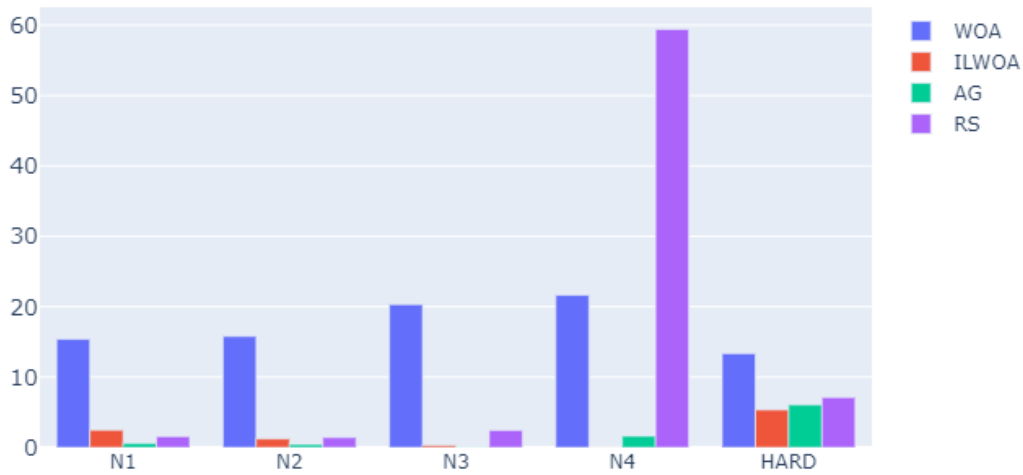


Figure 2: la moyenne des écarts (en %) des métaheuristiques de la solution optimale en fonction de la taille d'instance

2.1 Analyse et interprétation

- On remarque que WOA dans tous les cas donne le plus grand écart par rapport à la solution optimale sauf dans le cas N4=500 où c'est RS qui trouve les solutions les plus écartées des solutions optimales (un écart de 60)
- Pour la majorité des tailles des instances, AG donne les meilleurs résultats sauf dans le cas des instances Hard et N4 où ILWOA offre une légère amélioration. On peut donc conclure qu'en général AG donne de meilleurs solutions pour toutes les instances du benchmark. et ILWOA est celui qui arrive à améliorer les solutions des instances HARD.

- Les solutions obtenues sont généralement proches de celles retournées par les heuristiques, avec quelques instances où les métaheuristiques sont meilleures que les heuristique et vise versa.

Enfin, d'après ces deux graphes synthétiques, on conclut que AG donne de meilleurs résultats en faisant un compromis entre le temps d'exécution et la qualité de la solution, le ILWOA pas très loin derrière.

3 Conclusion

Pour synthétiser, l'Algorithme Génétique est la métaheuristique qui a donné le meilleur compromis qualité coût pour notre benchmark, le Recuit Simulé, quant à lui, donne de très bons résultats aussi, mais avec un temps d'exécution très grand. ILWOA a permis d'améliorer WOA en terme de la converge rapide vers la solution optimale, ainsi qu'en terme de la qualité de la solution trouvée. Néanmoins, les résultats obtenues par les métaheuristiques sont très proches de ceux obtenues par les heuristiques, qui sont toujours les plus rapides. En d'autres termes, on a pas pu voir un grand apport des métaheuristiques en terme de qualité de solution, donc ce n'est pas intéressant d'arrêter notre étude à ce niveau, **raison pour laquelle on s'intéressera aux méthodes hybrides afin de combler les inconvénients d'une méthode par les avantages de l'autre et obtenir une meilleure qualité de solution en un temps d'exécution acceptable.**