

# Algorithme hybride basé sur NSGA-II pour le déploiement de réseaux de capteurs sans fil

Khaoula Zaimen<sup>1,2</sup>, Laurent Moalic<sup>1</sup>, Mohamed-el-Amine Brahmia<sup>2</sup>, Abdelhafid Abouaissa<sup>1</sup>,  
Lhassane Idoumghar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IRIMAS UR 7499, 12 rue des Frères Lumière, 68093 MULHOUSE Cedex, France  
{khaoula.zaimen, laurent.moalic, abdelhafid.abouaissa, lhassane.idoumghar}@uha.fr

<sup>2</sup> CESI LINEACT UR 7527, Parc des Tanneries, 2 All. des Foulons, 67380 Strasbourg, France  
{kzaimen, abrahmia}@cesi.fr

**Mots-clés :** *Réseaux de capteurs sans fil, déploiement, optimisation, multi-objectifs, algorithme génétique, hybridation.*

## 1 Contexte et objectif

Le problème du déploiement de réseaux de capteurs sans fil (RCSF) est un problème d'optimisation combinatoire NP-difficile [1]. La complexité de ce problème dépend de plusieurs facteurs tels que le type de zone d'intérêt (indoor/outdoor), sa modélisation (2D/3D), la prise en compte ou non d'obstacles, l'hétérogénéité des obstacles, l'hétérogénéité des capteurs, ainsi que le nombre des fonctions objectif à optimiser [2]. Nos travaux visent à étudier le problème de déploiement de capteurs électromagnétiques dans les bâtiments intelligents en se basant sur le BIM<sup>1</sup>. Dans le cadre de ce papier, nous nous focalisons uniquement sur l'approche multi-objectif proposée sans traiter la modélisation des capteurs et de la zone d'intérêt.

## 2 Modélisation du problème et méthode de résolution

Le problème de déploiement des RCSF consiste à trouver l'emplacement de chaque capteur dans la zone d'intérêt. La zone d'intérêt est modélisée par une liste de points de déploiement  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n \in \mathbb{N}$  représentant les éventuels emplacements des capteurs, et une liste des points cible  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ ,  $k \in \mathbb{N}$  à couvrir. Le réseau de capteurs est modélisé sous la forme d'un graphe non orienté  $G = (V, E)$  où  $V$  représente l'ensemble des capteurs déployés sur des emplacements de  $P$  et  $E = (u, v), \forall u, v \in V, P_{com}(u, v) = 1$ .  $P_{com}$  indique la probabilité de communication entre deux capteurs. L'objectif est de trouver la topologie du réseau visant à maximiser le nombre des points cible couverts, à minimiser le coût de déploiement, et à assurer la connectivité du réseau.

Pour résoudre le problème de déploiement de capteurs, nous avons proposé une méthode hybride basée sur NSGA-II [3] (voir Algorithm 1). La méthode proposée consiste à intégrer : (i) une nouvelle heuristique d'initialisation, (ii) une méthode de sélection basée sur la topologie du réseau (iii) une heuristique basée sur l'algorithme de Dijkstra pour réparer la connectivité des nouveaux individus (iv) une recherche locale visant à améliorer les schémas de déploiement.

## 3 Résultats numériques

Nous avons évalué les performances de notre méthode hybride HNSGA-II sur quatre instances moyennes générées aléatoirement. Pour chaque instance, nous avons lancé cinq exécutions de HNSGA-II et NSGA-II et calculé l'hypervolume des fronts pareto issus de chaque

---

1. <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modeling>

---

**Algorithme 1 : HNSGA-II**

---

```
1 Données : paramètres de NSGA-II, paramètres des capteurs, la liste des points de
   déploiement  $P$ , la liste des points cible  $T$ .
2 Sorties : Le front pareto
3  $P_0 \leftarrow \text{InitPop}()$ ;
4  $Q_0 \leftarrow \emptyset$ ,
5  $i \leftarrow 1$ ;
6 tant que  $i < It_{max}$  ; faire
7    $P_i \leftarrow P_{i1} \cup Q_{i1}$ ;
8    $\text{RepairConnectivity}(P_i)$ ;
9    $\text{Evaluate}(P_i)$ ;
10   $\text{AssignRanks}(P_i)$ ;
11   $\text{ComputeCrowdingDistance}(P_i)$ ;
12   $P_i \leftarrow \text{BestIndividuals}(P_i)$ ;
13   $Q_i \leftarrow \text{ReproductionOperators}(P_i)$ ;
14   $\text{LocalSearch}(Q_i)$ ;
15   $i = i + 1$ ;
16 fin
17 Retourner le front pareto de  $P_i$ ;
```

---

TAB. 1 – Les valeurs de l’hypervolume de HNSGA-II et NSGA-II pour les quatre instances.

Instances	HNSGA-II			NSGA-II		
	Best	Avg	Worst	Best	Avg	Worst
Inst1	<b>0.982</b>	0.979	0.978	0.909	0.899	0.893
Inst2	<b>0.981</b>	0.978	0.975	0.905	0.902	0.90
Inst3	<b>0.981</b>	0.98	0.979	0.896	0.892	0.890
Inst4	<b>0.982</b>	0.98	0.979	0.897	0.893	0.888

méthode. Les résultats obtenus montrent l’efficacité de notre méthode sur les quatre instances étudiées.

## 4 Conclusions et perspectives

Dans ce travail, nous proposons une approche hybride basée sur NSGA-II pour le déploiement multi-objectifs des RSCF. L’approche proposée à été testée et validée sur des instances de taille moyenne. Nos travaux futurs porteront sur l’intégration de données de la maquette BIM pour une modélisation fiable de la zone d’intérêt et l’évaluation de la performance de HNSGA-II sur les grandes instances.

## Références

- [1] Dina S Deif and Yasser Gadallah. Classification of wireless sensor networks deployment techniques. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(2) :834–855, 2013.
- [2] Khaoula Zaimen, Laurent Moalic, Abdelhafid Abouaissa, Lhassane Idoumghar, et al. A survey of artificial intelligence based wsns deployment techniques and related objectives modeling. *IEEE Access*, 2022.
- [3] Kalyanmoy Deb, Amrit Pratap, Sameer Agarwal, and TAMT Meyarivan. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm : Nsga-ii. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 6(2) :182–197, 2002.