



HAL
open science

Algorithme de Lucioles pour le Soins à Domicile

Latifa Dekhici, Rabeh Redjem, Khaled Belkadi, Abderrahman El Mhamedi

► **To cite this version:**

Latifa Dekhici, Rabeh Redjem, Khaled Belkadi, Abderrahman El Mhamedi. Algorithme de Lucioles pour le Soins à Domicile. International conference on complex systems and logistic; ICOSYL 2018, Apr 2018, Paris, France. hal-02473691

HAL Id: hal-02473691

<https://hal.science/hal-02473691>

Submitted on 10 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Algorithme de Lucioles pour le Soins à Domicile

Latifa DEKHICI¹, Rabeh REDJEM², Khaled BELKADI³, Abderrahman El MHAMED^{1,4}

^{2,4}QUARTZ EA n°7393 - Université Paris 8

rabeh.redjem@gmail.com, ⁴a.elmhamedi@iut.univ-paris8.fr

^{1,3}LAMOSI, Département d'informatique

Université des sciences et de la technologie d'Oran (USTO-MB), Oran, Algérie

²latifa.dekhici@univ-usto.dz, ³belkadi@univ-usto.dz

Résumé -- Ce travail vise à résoudre le problème de la tournée de soins à domicile en utilisant une métaheuristique inspirée de la nature qui est l'algorithme de Lucioles ou Firefly Algorithm (FF). Une bonne discrétisation et une bonne correction de la solution ont été fournies pour maintenir les avantages d'un tel algorithme sur ce problème combinatoire. Même si le problème n'est qu'une extension du problème de tournée de véhicules à fenêtres de temps classique (TWVRP), l'aspect humain le durcit de sorte que tout abus de contrainte peut éliminer la faisabilité ou diminuer la qualité des services. Les contraintes dures concernent la précedence entre les soins et la synchronisation de plusieurs soins du même patient. Alors que les contraintes souples concernent les préférences en fenêtres de temps. Le problème dans ce travail prend également en compte les heures supplémentaires et la pénibilité des travailleurs à domicile. L'objectif principal est de minimiser la durée totale de la tournée et de maximiser la satisfaction des contraintes. Après une pondération de la maximisation de la satisfaction des contraintes souples et la pénalisation d'abus de contraintes dures, l'approche proposée a été testée sur plusieurs jeux de données. Ce papier expose deux exemples contenant 20 soins. La tournée utilise seulement des travailleurs de santé de même compétence. Les résultats montrent que par rapport à la recherche locale (LS) et à l'optimisation par essais de particules (PSO), la version discrète de l'algorithme de lucioles donne un meilleur temps total de trajet et satisfait mieux les contraintes souples.

Mots-clés-Soins à domicile ; Firefly Algorithm (FF); Optimisation par essais de particules (PSO), recherche locale (LS); problème de tournée de véhicules avec fenêtres de temps (TWVRP).

I. INTRODUCTION

Les services de soins à domicile (HomeCare Service : HCS) sont apparus en France et aux États-Unis dans les années 1920. Cette alternative a été progressivement adoptée par d'autres pays [16]. Le service de soins à domicile a été considéré comme une solution efficace aux problèmes organisationnels et économiques des systèmes de soins de santé. Le soin à domicile a été défini comme une alternative qui permet de fournir des soins continus et coordonnés au domicile des patients. En plus des services classiques de soins de santé dispensés par les infirmières. Dans [18][19], les auteurs examinent d'autres types de services qui abordent le problème de la collecte des échantillons biologiques et / ou livraison de médicaments ou de matériels.

Les HCS prennent de plus en plus une place importante dans le secteur des soins de santé. Par exemple, le nombre de HCS en France a triplé entre 2005 et 2015, passant de 123 à 309 services [11]. En[2], les auteurs ont montré que les

formes de soins à domicile diffèrent d'un pays à l'autre au niveau organisationnel. L'exemple le plus pertinent est le Canada, qui est divisé en dix provinces hétérogènes et trois territoires fédéraux différents. En effet, cette organisation peut avoir un impact sur la nature des soins dispensés, l'accessibilité aux soins à domicile, etc. [2] ont déjà présenté un travail comparatif entre cinq systèmes de soins à domicile, à savoir australien, canadien, français, italien et anglais.

En Algérie, alternative à l'hospitalisation ou au placement en institution spécialisée, la prise en charge des soins à domicile est devenue effective au secteur privé, depuis novembre 1999 pour un certain nombre de pathologies comme les cancers. En vertu du nouveau décret promulgué en 2015, l'hospitalisation à domicile s'est élargie sur plusieurs activités.

Ce papier tente à résoudre le problème de soin à domicile en utilisant la métaheuristique de lucioles. Pour cela nous présentons dans la section suivante les contraintes liées au problème. Dans la troisième section, nous décrivons les hypothèses retenues et la discrétisation de la méthode. Dans la quatrième section, nous discuterons les résultats obtenus.

II. PROBLÈME DE SOIN À DOMICILE

Le problème d'ordonnancement et de planification des soins de santé à domicile est une extension du problème de tournée de véhicules (VRP), auquel s'ajoutent plusieurs contraintes secondaires inhabituelles et complexes propres au contexte des soins à domicile de santé et aux régions. Le VRP est un problème d'optimisation combinatoire largement étudié qui se pose dans de nombreuses applications comme la distribution d'essence, la distribution de journaux, la distribution de produits alimentaires ...etc. En [3], on le décrit comme suit:

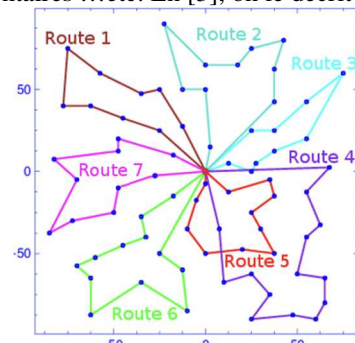


Fig. 1. Exemple de solution VRP (1 dépôt, 75 sommets et 7 routes) [3]

Soit $G = (V, A)$ un graphe avec un ensemble de sommets V , et un ensemble d'arcs A . L'ensemble des sommets représente les clients à desservir et un seul dépôt à partir duquel chaque itinéraire de véhicule doit commencer et se terminer. Le décideur doit concevoir un ensemble de routes qui minimise le coût total de déplacement de sorte que chaque sommet soit visité une fois (fig 1). Depuis les travaux de [4], de nombreuses extensions du VRP ont été étudiées. L'une des extensions les plus connues est le problème de routage des véhicules avec fenêtres de temps (VRPTW). Dans cette version, chaque client doit être visité dans l'intervalle de temps.

Dans le cas de soins de santé à domicile, de nombreuses fenêtres de temps peuvent apparaître : Chaque patient peut être disponible dans une fenêtre de temps spécifique et le soignant peut avoir une fenêtre de temps globale qui représente son travail quotidien. Dans les services soins à domiciles qui prennent en charge des pathologies complexes, les patients ont besoin de visites multiples et certaines visites doivent être coordonnées, c'est-à-dire des dépendances temporelles telles que la précédenance ou la synchronisation entre les visites peuvent être nécessaires. Ainsi, la coordination entre les activités de soins définit l'ordre dans lequel les soins du patient doivent être effectués [24].

Le lecteur peut se reporter à des revues récentes de la littérature sur la tournée des soins à domicile [7][8][10]

Une grande majorité de recherches n'a pas abordé les dépendances temporelles, A notre connaissance, les seuls travaux qui ont tenu compte ces dépendances sont [13][20][9]. Cependant, une enquête que [21] a réalisée avec de nombreuses structures de soins à domicile en France a montré que les patients ont besoin de plusieurs activités de soins par jour devant être synchronisées. Aussi, malgré le nombre de recherches antérieures, la majorité des chercheurs ont utilisé des modèles de programmation mathématique pour résoudre le problème de soins de santé à domicile. Peu d'entre eux ont utilisé des métaheuristiques [5] ou des métaheuristiques telles que la recherche Tabou, la recherche locale ou la descente par voisinage aléatoire [9][12]. De plus, la plupart des métaheuristiques n'étaient pas à population mis à part [1] et [25]. Cependant, l'efficacité dans la satisfaction des contraintes et la minimisation des coûts nécessitant une technique alternative avec un mécanisme parallèle rapide est sans doute une question importante à traiter. L'optimisation doit tirer plus de profit de la puissance des métaheuristiques bio-inspirées récentes à population. C'est pourquoi, l'approche proposée décrite dans la section suivante est basée sur l'algorithme des lucioles.

III. PROBLÈME RETENU ET DE APPROCHE PROPOSÉE

Une description dans cette section concerne le travail actuel qui vise à résoudre un problème de tournée des soins de santé à domicile avec fenêtres de temps et tâches synchronisées en utilisant un algorithme discret de lucioles.

A. Hypothèses et Contraintes Liées aux Soins à Domicile

La gestion des activités dans HCS consiste à résoudre simultanément un ensemble de sous-problèmes NP complexes. Ce problème complexe à plusieurs niveaux comprend les niveaux suivants :

- La structure HCS et l'emplacement des patients
- L'attribution des patients aux soignants

- Construction des visites des soignants sous plusieurs contraintes

Dans le présent document, nous abordons les deuxième et troisième niveaux du problème de la gestion des activités, c'est-à-dire la 'ordonnancement des tournées des soignants avec affectation de patients.

Dans ce travail, certaines hypothèses sont admises :

- La fenêtre de temps d'activité est considérée comme une contrainte souple. Elle peut être violée et les retards peuvent être acceptés avec un coût (pénalité).
- Chaque soin doit être réalisé dans une adresse spécifiée.
- Les travailleurs à domicile peuvent partir d'un centre de santé et n'y reviennent pas à la fin. Aucun clustering n'est défini de façon préliminaire
- La contrainte d'affectation vise à perfectionner l'équilibre de la charge de travail plutôt que les exigences de compétences. Comme l'équilibre de la charge de travail est difficile à obtenir, cette contrainte est souple. Nous parlerons de la pénibilité en cas d'abus.
- Le créneau horaire d'un travailleur de la santé est de 8 h. avec temps de déplacement compris. Les heures supplémentaires sont autorisées mais intégrées dans l'évaluation du coût total de l'abus des contrainte souples.
- Le même patient peut avoir plus d'un soin par jour.
- Une activité peut impliquer plus d'un travailleur à domicile. Les tâches doivent correspondre aux contraintes de synchronisation des installations.
- Les activités avec des relations de priorité doivent être planifiées dans le plan requis.
- En plus de la distance euclidienne, une vitesse du donneur de soins véhiculé est établie. Les circonstances de circulation sont ignorées
- Le coût total des contraintes souples est intégré dans la fonction d'objectif de la tournée. Il est considéré avec une pénalité en cas d'abus.

Par la suite, une discrétisation de l'algorithme firefly est décrite.

B. Algorithme des Lucioles (Firefly algorithm FF)

Les lucioles(en anglais firefly) sont de petits coléoptères ailés capables de produire une lumière clignotante froide pour une attraction mutuelle. Les femelles peuvent imiter les signaux lumineux d'autres espèces afin d'attirer des mâles qu'elles capturent et dévorent. Les lucioles ont un mécanisme de type condensateur, qui se décharge lentement jusqu'à ce que certain seuil soit atteint. Ils libèrent l'énergie sous forme de lumière. Le phénomène se répète de façon cyclique.

L'algorithme de Firefly, développé par Yang [26-30] est inspiré par l'atténuation de la lumière sur la distance et l'attraction mutuelle des lucioles, plutôt que par le phénomène de la lumière clignotante des lucioles. L'algorithme considère ce que chaque luciole observe au point de sa position, en essayant de passer à une plus grande source de lumière, que la sienne. Beaucoup de recherches ont surtout étudié sa version continue [6]. Peu de recherches se sont intéressé par la version discrète [14][15].

Le pseudo-code de l'algorithme de lucioles ou FireFly (FF) peut se montrer comme suit:

Algorithme de Lucioles (*Nbr_iter*: nombre d'itérations)

Début

γ : coefficient d'absorption de lumière
 Définir la fonction objectif $f(\mathbf{x})$, où $\mathbf{x}=(x_1, \dots, x_d)$ est dans le domaine d

```

Générer une population initiale de positions
de lucioles  $x_i$  ( $i=1\dots, n$ )
Déterminer les intensités de lumière  $I_i$  à  $x_i$  via
 $f(x_i)$ 
Tant que ( $t < \text{Nbr\_iter}$ ) faire
Pour  $i = 1$  à  $n$  //toutes les lucioles
Pour  $j=1$  à  $n$  //toutes les lucioles
    si ( $I_j > I_i$ ) alors
        Attractivité  $\beta_{i,j}$  varie selon la
        distance  $r_{i,j}$ 
        Déplacer luciole  $I$  vers  $j$  avec
        l'attractivité  $\beta_{i,j}$ 
    sinon
        déplacer luciole  $i$  aléatoirement
    fin si
    Evaluer la nouvelle solution
    Mettre à jour l'intensité  $I_i$ 
    Vérifier si luciole  $i$  est la
meilleure.
Fin j
Fin i
    Trouver la meilleure luciole en fonction de
l'objectif
     $t++$ 
Fait
Fin

```

Dans l'algorithme des lucioles, il y a 4 points importants : **Intensité de lumière.** Dans le cas le plus simple pour les problèmes de minimisation, la luminosité, ou l'intensité lumineuse d'une luciole à un endroit particulier x peut être choisie comme : $I(x) \propto 1/f(x)$.

Attractivité. Dans l'algorithme des lucioles, la principale forme de la fonction d'attractivité peut être n'importe quelle fonction monotone décroissante telle que la forme générale suivante :

$$\beta_{i,j} = \beta_0^* e^{-\gamma r_{i,j}^m} \quad (1)$$

Où r est la distance entre deux lucioles, β_0 est l'attractivité à $r = 0$ et γ est un coefficient constant d'absorption de lumière.

Distance. La distance entre 2 lucioles i et j au x_i et x_j peut être la distance cartésienne comme suit:

$$r_{i,j} = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (2)$$

où $x_{i,k}$ est la $k^{\text{ème}}$ composante de la $i^{\text{ème}}$ luciole.

Mouvement. Le déplacement d'une luciole i attirée par une plus lumineuse (attractive) luciole j , est déterminé par

$$x_i = (1 - \beta_{i,j})x_i + \beta_{i,j}x_j + \alpha(\text{rand} - 1/2) \quad (3)$$

où le premier terme et le second sont dus à l'attraction. Le troisième terme est la randomisation. α est le paramètre aléatoire et peut être constant. "rand" est un générateur de nombre aléatoire uniformément distribuée dans $[0, 1]$.

C. Adaptation de la Métaheuristique au Problème de Soins à Domicile Retenu

Pour bénéficier de l'algorithme de lucioles à la base continu un codage discret de la solution a été proposé

X_{ikl} est la solution

$i=1..N$: nombre de lucioles ou taille de la population.

$k=1..NS$: nombre de travailleurs à domicile (soignants).

$l=1..NA$: nombre d'activités dépendantes ou pas.

où X_{ikl} représente pour une luciole i la priorité d'affecter le soignant k au soin l .

Après avoir trié X_{ikl} pour chaque l fixé, prenons la ligne k' de $\max_l x_{ikl}$ et l'ajoutons à $S_{ik'}$ qui est l'ordre des soins déjà affectés au soignant à domicile k' .

On calcule après les dates de début et de fin sur $S_{ik'}$ en fonction de la durée du traitement et des distances entre les patients.

La population initiale est générée comme suit:

$$X_i = X_{\min} + (X_{\max} - X_{\min}) * \text{rand}() \quad (4)$$

$\text{rand}()$ est le générateur de réel aléatoires de 0 à 1.

X_{\min} peut être 1 et X_{\max} peut être pris comme le nombre de soins.

Cet article utilise la fonction de pénalité pour évaluer les contraintes souples et dures. La fonction de pénalité est formée en ajoutant à la contrainte dure un grand nombre positif C comme exemple égal à 999999. Le poids pour la durée totale de trajet T et la pénalité de contrainte souple sont respectivement λ_1, λ_2 . Ces coefficients sont choisis de manière à ce que la durée totale du trajet et la pénalité soient dans la même échelle (équation 5)

$$f = \lambda_1 T + \lambda_2 \sum \text{softPenalty} + C \sum \text{hardPenalty} \quad (5)$$

IV. EXPERIMENTATION ET DISCUSSION

Dans cette section, trois algorithmes seront comparés au problème de tournée des soins de santé à domicile:

- la recherche locale (LS) ;

- Optimisation par l'essaim de particules (PSO). Elle a été utilisée dans [1] au problème de tournée à domicile avec les mêmes principes de codification d'affectation et d'ordre.

- Enfin, l'acronyme FF est utilisé pour représenter l'algorithme de lucioles discrétisé proposé dans cet article.

a) Paramètres de données et d'algorithmes

Tous les algorithmes sont implémentés en Java dans un ordinateur personnel avec un processeur Intel Core 2, Quad CPU de 22.67 Ghz et une RAM de 3,12 GO.

Dans tous les exemples, la vitesse des soignants véhiculés est 28 miles / heure.

Après une expérimentation approfondie impliquant la solution de plusieurs instances pour fournir la meilleure performance globale, les paramètres de PSO ont été déterminés pour être: $\phi_g=1.75$, $\phi_p=2.75$, $\omega_{\max} = 1$, $\omega_{\min} = 0.4$. alors que ceux de FF sont $\alpha = \beta_0 = 0.5$ et $\gamma = 0.1$

Dans cette section, la discussion va pointer dans un premier lieu sur un exemple basé sur un cas de soins à domicile avec des adresses françaises. Seulement 3 travailleurs de soins à domicile sont disponibles pour 20 activités de 20 patients avec des adresses distinctes. Dans le tableau 1, les adresses prises d'une ville en France sont omises.

TABLEAU 1 EXEMPLE 1 DONNEES DES SOINS DE SANTE A DOMICILES AVEC FENETRES DE TEMPS

Num.	durée	Début de disponibilité	Fin souhaitée	adresse
1	12	8:00	9:00	-
2	11	8:00	9:00	-
3	10	8:00	9:00	-
4	9	8:00	9:00	-
5	12	8:00	9:00	-
6	15	8:00	9:00	-
7	18	8:00	9:00	-
8	21	8:00	9:00	-
9	24	8:00	9:00	-
10	27	8:00	9:00	-
11	45	8:00	9:00	-
12	25	8:00	9:00	-
13	24	8:00	9:00	-
14	23	9:00	10:00	-
15	22	9:00	10:00	-
16	21	9:00	10:00	-
17	20	9:00	10:00	-
18	19	9:00	10:00	-
19	18	9:00	10:00	-
20	17	9:00	10:00	-

L'exemple 2 concerne des adresses dans 3 zones dans la ville d'Oran en Algérie (Les coordonnées sont tronquées) avec 4 soignants partant de chez eux. Les soins tous matinaux dont 2 sont synchrones, sont répartis en des préférences de 4 créneaux de 8:00 à 12:00.

TABLEAU 2 EXEMPLE 2 DONNEES DES SOINS DE SANTE A DOMICILES AVEC FENETRES DE TEMPS

NUM	longitude	latitude	Durée	Ds	Fs
1	35.7	-0.6	12	8	9
2	36.0	-0.6	11	8	9
3	35.9	-0.6	10	8	9
4	35.9	-0.6	9	8	9
5	35.9	-0.7	12	8	9
6	35.9	-0.6	15	8	9
7	35.7	-0.7	18	8	9
8	36.0	-0.6	21	11	12
9	35.9	-0.7	24	11	12
10	35.7	-0.6	27	10	12
11	35.9	-0.7	45	10	12
12	35.7	-0.7	25	10	12
13	35.2	-0.6	24	8	9
14	35.7	-0.6	23	9	10
15	35.7	-0.7	22	10	12
16	35.5	-0.6	21	9	10

b) Résultats

Pour évaluer la performance de l'approche proposée, la comparaison pointe vers des critères importants tels que le temps nécessaire pour obtenir la meilleure valeur (time to get the best: TGB) de la fonction objectif. La durée du trajet en minutes, le coût de pénibilité des soignants et le coût des retards. Cent simulations des algorithmes avec 300 itérations, 15 particules ou lucioles ont donné le résultat indiqué dans le tableau 3. La première colonne identifie les valeurs les plus mauvaises, les meilleures et les moyennes des critères de comparaison dans une centaine de simulation. Les résultats mettent en évidence l'efficacité de l'algorithme de lucioles discret pour rechercher les meilleures solutions.

TABLEAU 3 EXEMPLE 1 COMPARAISON DES VALEURS MIN., MAX., MOYENNES EN 100 SIMULATIONS ; NOMBRE D'ITERATION = 300, NOMBRE DE PARTICULES = 15

		TGB	f.	Travel duration(mn)	Pénibilité	TW
Max.	FF	3315	551,21	181,21	0	37
	PSO	114	621,40	251,40	0	37
	LS	13	623,38	253,38	0	37
Min.	FF	5	482,26	132,19	0	35
	PSO	0	488,24	132,34	0	35
	LS	0	492,36	135,36	0	35
Moy.	FF	1456,97	500,49	142,41	0	35,81
	PSO	7,28	538,56	171,82	0	36,67
	LS	2,57	542,41	174,52	0	36,78

La première figure montre comment les valeurs maximales et minimales des durées de temps données par l'algorithme proposé sont inférieures à celles données par les autres méthodes. Par exemple, la durée du trajet donnée par l'algorithme FF est au maximum 181 minutes tandis que la durée de trajet de LS peut dépasser 235 minutes.

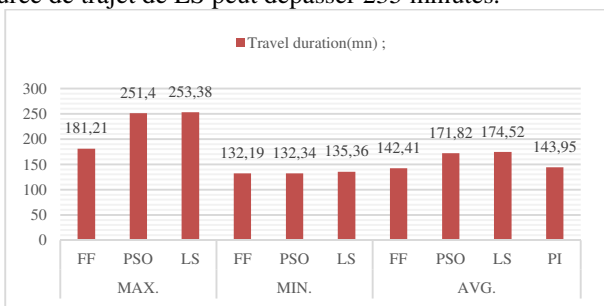


Fig 2. Exemple 1, max., min. et moyennes valeurs de durée de trajet en 100 simulations.

La troisième figure révèle que les temps CPU pour obtenir le meilleur trajet (TGB) de l'algorithme Firefly (FF) peuvent sembler plutôt décevants. Cependant, le maximum de temps

CPU de l'algorithme firefly reste d'environ 3 secondes (3315 ms). Ceci est dû à ce que les solutions optimales de PSO et de la Recherche locale ne sont pas nécessairement les meilleures de l'algorithme de Firefly. En outre, on ne pouvait pas négliger le fait que la meilleure solution dans 100 réplifications de l'algorithme FF a été trouvée en seulement 5 ms.

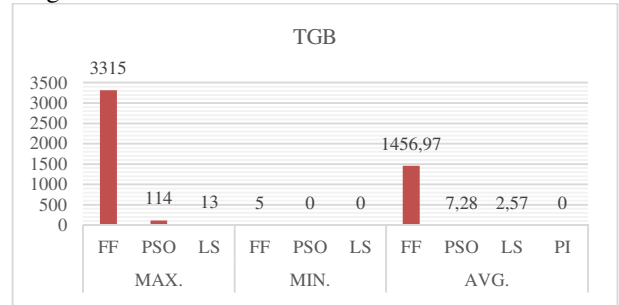


Fig 3. Exemple 1, min. max. , moyennes valeurs du temps d'obtention de l'optimal en 100 simulations.

Bien qu'il soit difficile de voir à partir de la figure 4 l'amélioration de la fonction multi-objective donnée par l'algorithme FF, il est possible de confirmer que l'algorithme FF peut atteindre les meilleures valeurs de f. En tant que valeur maximale, le FF donne 551.21 face à plus de 621 voire 623 données respectivement par PSO et la LS. La meilleure solution a été trouvée par l'algorithme FF discrétisé et a une valeur de fonction multi-objectif de seulement 482.26.

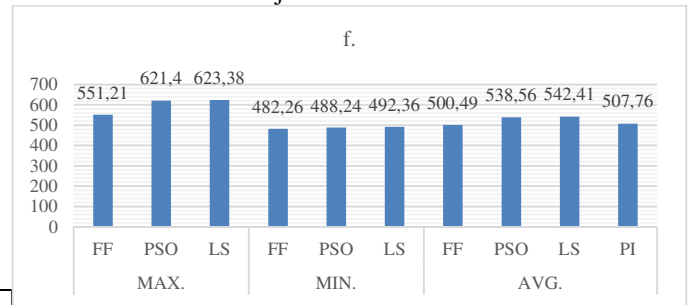


Fig 4. Exemple 1, min. Max. et moyennes valeurs de la fonction f multi objectif f dans 100 simulations.

Dans la figure 5, on peut confirmer que les pénalités de fenêtres temps correspondent à la réalité puisque la tournée des soins de santé utilise 3 travailleurs à domicile pour 20 activités: Un ensemble de soins avec une fin souhaitée à 9:00 et un temps de traitement réduit; et un autre ensemble avec une fin souhaitée à 10:00 et des temps de traitement d'environ 20 minutes. Les trois algorithmes n'ont pas pu atténuer l'abus de la restriction des fenêtres temporelles. La pénalité trouvée par tout algorithme n'est pas inférieure à 35 minutes.

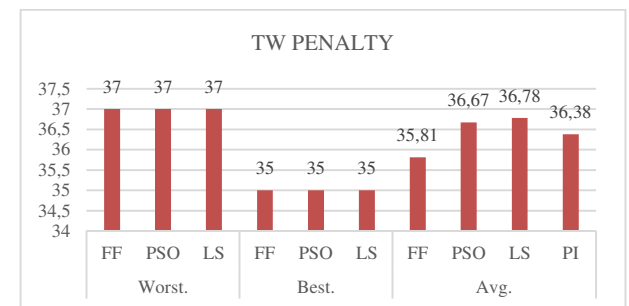


Fig 5. Exemple 1, min. Max. et moyennes valeurs de l'abus des fenêtres de temps dans 100 simulations.

Pour le deuxième exemple avec 4 soignants, le meilleur trajet est donnée par FF et de 105.76 face à LS 130.61 (fig. 6)

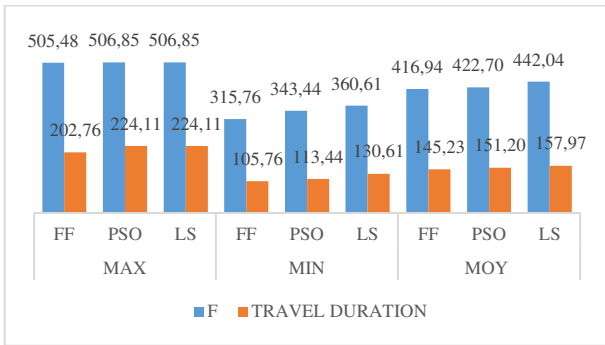


Fig 6. Exemple 2, min. Max. et moyennes valeurs de F et du trajet total dans 100 simulations.

En ce qui concerne l’abus des dates aux plus tard et plutôt, et comme ce n’est qu’une contrainte souple, la figure 7 montre que seule FF a pu réaliser un minimum d’abus égal à 19. Ceci explique la durée du trajet proposée par les algorithmes bien que la dernière date de fin souhaitée est à 12:00. Le trajet peut se terminer en moins de 2h en abusant soit les dates de débuts ou bien de fin souhaitées.

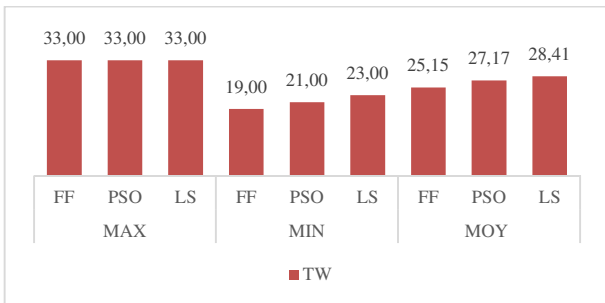


Fig 7. Exemple 2, min. Max. et moyennes valeurs de l’abus des fenêtres de temps dans 100 simulations.

La pénalité de pénibilité dans les deux exemples a pu être réduite à zéro. Ce qui signifie que la charge de travail est équilibrée. Aussi aucun des soignants à domicile du jeu de test ne doit travailler plus de 8 heures par jour. Ces résultats correspondent bien à la collection de données. D’autres collections de données supplémentaires ont été testées pour déterminer exactement comment le nombre de contraintes affecte l’efficacité de l’algorithme.

V. CONCLUSION

Dans cet article, un algorithme de lucioles a été adapté et discrétisé au problème de tournée de soins à domicile. Le problème est un problème de tournée de véhicules à fenêtre temporelles avec certaines spécificités. Même s’il s’agit d’une extension du problème de tournée de véhicules, les aspects humains de la tournée de l’employé de santé implique que le problème ne peut être facilement considéré sans tenir compte de l’effet de tout abus de contraintes sur la qualité de service et la faisabilité. Cet article a mis en évidence l’importance d’une bonne discrétisation d’une métaheuristique inspirée de la nature existante pour résoudre un tel problème NP-difficile multi-objectif contraint. Nous avons réussi à offrir une bonne discrétisation de l’algorithme de firefly. Des résultats ont été obtenus montrant l’efficacité de l’approche proposée en terme de durée de trajet et de satisfaction des contraintes.

La contribution résidait dans la façon dont la solution combinatoire a été représentée et corrigée et comment les pénalités de contraintes ont été pondérées en fonction de la tolérance du système de santé. De plus, l’approche a permis de s’assurer que toutes les contraintes dures comme

temporelles sont satisfaites. Ces résultats ajoutent à un corpus croissant de littérature, la pertinence de l’algorithme de Firefly sur le problème de tournée de soins à domicile. La limite la plus importante de la discussion est le fait que de véritables jeux de données confidentiels également testés ne peuvent pas être présentés dans ce document. Par conséquent, les observations et les analyses actuelles ne démontrent peut-être pas explicitement la valeur réelle de l’approche proposée pour le système de gestion à domicile.

Une autre option sur laquelle nous travaillons actuellement est la spécialité du soignant (infirmière, traitement administré...) ou sa compétence (travail sur des patients Alzheimer, fin de vie...). Cela contribuerait considérablement au domaine d’aide à la décision en santé.

REFERENCES

- [1] Akjiratikarl, C., Yenradee, P., Drake, P. R., (2007). PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK. *Computers & Industrial Engineering* 53 (4), 559–583.
- [2] Chevrel, K., Com-Ruelle, L., Midy, F. et Paris, V. (2004). Le développement des services de soins hospitaliers à domicile : éclairage des expériences australienne, britannique et canadienne. *Questions d’économie de la santé*. Vol. 91.
- [3] Cissé M., S. Yalçındag, Y. Kergosien, E. Şahin, C. Lenté, A. Matta. (2017). OR problems related to Home Health Care: A review of relevant routing and scheduling problems, *Operations Research for Health Care*
- [4] Dantzig G., Fulkerson R. & Johnson S. (1954). Solution of a large-scale traveling salesman problem. *Journal of the Operations Research Society of America*, pp. 393-410.
- [5] Decerle J., Grunder O., Hajjam El Hassani A., Barakat O. (2016). A two-phases matheuristic for the home care routing and scheduling problem, *IFAC-PapersOnLine* 49-12, 1484–1489.
- [6] Dekhici, L., Belkadi K., Borne P. (2012). Firefly Algorithm for Economic Power Dispatching with Pollutants Emission" *Informatica Economica*, Vol. 16 (2/2012) : 45-57
- [7] Di Mascolo, M., Espinouse, M-L., El-Hajri, Z. Planning in Home Health Care Structures: A literature review, *IFAC-Papers OnLine*, Vol. 50, Issue 1, July 2017, Pp. 4654-4659, ISSN 2405- 8963
- [8] Dimitris, C. Paraskevopoulos, Gilbert Laporte, Panagiotis P. Repoussis, Christos D. (2017). Tarantilis, Resource constrained routing and scheduling: Review and research prospects, *European Journal of Operational Research*, Vol. 263, Issue 3, Pp. 737-754, ISSN 0377-2217
- [9] En-nahli, L., Afifi, S., Allaoui, H., Nouaouri, I. (2017) Local Search Analysis for a Vehicle Routing Problem with Synchronization and Time Windows Constraints in Home Health Care Services, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, Issue 12, 2016, Pp. 1210-1215
- [10] Fikar, C., Hirsch, P. (2017). Home health care routing and scheduling: A review, *Computers & Operations Research*, Vol. 77, January 2017, Pp. 86-95, ISSN 0305-0548,
- [11] Fnehad Report. (2016). L’hospitalisation à domicile (HAD) en 2015. 2016 edition.
- [12] Frifita, S., Masmoudi, M., Euch, J. (2017). General variable neighborhood search for home healthcare routing and scheduling problem with time windows and synchronized visits, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Vol. 58, Pp. 63-70, ISSN 1571-0653,
- [13] Gayraud, F., Laurent, D., Nathalie, G., Sylvie, N. (2013). A New Mathematical Formulation for the Home Health Care Problem, In *Procedia Technology*, Vol. 9, Pp. 1041-1047, ISSN 2212-0173
- [14] Guerraiche, K., Rahli, M. Zebalah, A. and Dekhici, L. (2015). Series-Parallel Power System Optimization Using Firefly Algorithm". *International Journal on Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, 2015, (2087-5886) Vol. 03/2015; 7(1):89-101.
- [15] Guerraiche, K., Rahli, M., Zebalah A., Dekhici, L. (2016). Reliability Maximization of Power System Using Firefly Algorithm. *International Electrical Engineering Journal (IEEJ)* Vol. 7.

- [16] Lataste, M. (1998). Le projet d'hospitalisation à domicile: Application à l'aquitaine. Source: <http://www.socpharmbordeaux.asso.fr/pdf/pdf-136/136-099-128.pdf>
- [17] Liu, R., Yuan, B., Jiang, Z., (2017). Mathematical model and exact algorithm for the home care worker scheduling and routing problem with lunch break requirements. *International Journal of Production Research* 55 (2), 558–575.
- [18] Liu R, X Xie, V Augusto, C Rodriguez(2013).Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care. *European Journal of Operational Research* 230 (3), 475-486
- [19]Liu R, X Xie, T Garaix .(2014). Hybridization of tabu search with feasible and infeasible local searches for periodic home health care logistics. *Omega* 47, 17-32
- [20]Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A., Larsen, J., Jun. 2012. The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies. *European Journal of Operational Research* 219 (3), 598–610.
- [21]Redjem, R. (2013). Aide à la décision pour la planification des activités et des ressources humaines en Hospitalisation A Domicile (Management of the care activities and human resources in home health care). *Ph.D. dissertation, Dept. Industrial. Eng, Saint Etienne university.*
- [22]Redjem, R., Kharraja, S., Marcon, E., Xie, X. (2010). Ordonnancement des activités en HAD avec prise en compte de la coordination des soins. JN JD MACS. Marseille-France.
- [23]Redjem, R., Kharraja, S., Xie, X., Marcon, E., (2011). Coordinated Multi-Criteria Scheduling of Caregivers in Home Health Care Services. 7th IEEE Conference on Automation Science and Engineering - Trieste (Italy), pp 519-524.
- [24]Redjem, R., Marcon, E., (2016). Operations management in the home care services: A heuristic for the caregivers' routing problem. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 28 (1-2), 280–303.
- [25] Shi, Y., Boudouh, T., Grunder, O., (2017). A hybrid genetic algorithm for a home health care routing problem with time window and fuzzy demand, In *Expert Systems with Applications*, Vol. 72, Pp. 160-176, ISSN 0957-4174.
- [26] Yang X.S. (2008). *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*. LuniverPress. UK.
- [27] Yang X.S. (2009). *Firefly Algorithms for Multimodal Optimisation. Stochastic Algorithms: Foundations and Applications. SAGA 2009. Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag. Berlin. 5792:169-178.*
- [28] Yang X.S. (2010a). Firefly algorithm. stochastic test functions and design optimization. *International Journal of Bio-Inspired Computation.* 2(2):78-84.
- [29] Yang X.S. (2010b). Firefly algorithm. Lévy flights and global optimization. in: *Research and Development in Intelligent Systems XXVI* (Eds M. Bramer. R. Ellis. M. Petridis). Springer London. 209-218.
- [30] Yang XS. (2013). Multiobjective firefly algorithm for continuous optimization. *Engineering with Computers.* 29(2): 175-184