

Challenge Imagine & Make

- Sujet 3 -

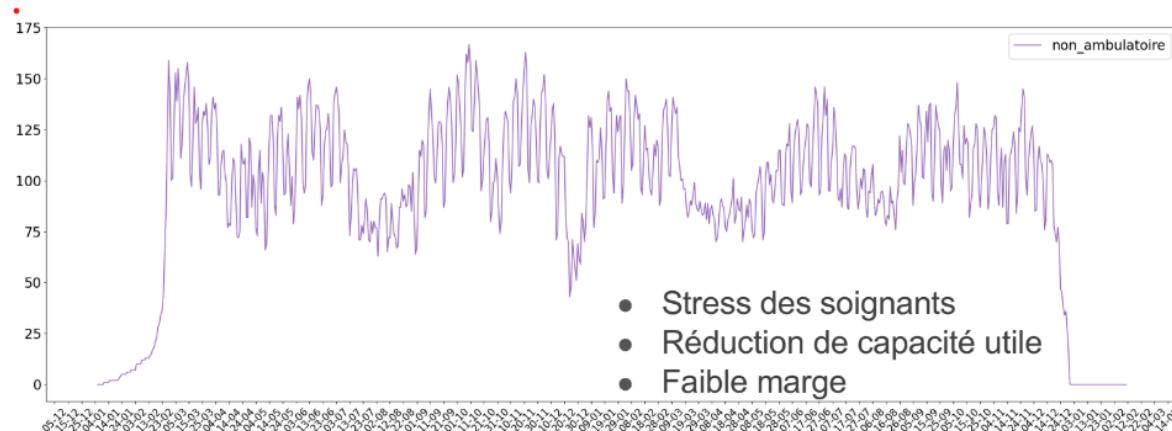
OPTIMISATION DE L'OCCUPATION DES LITS D'UN HÔPITAL

Équipe

Maxime CHARLES
Marc LIN
Yu LIU
Matthieu RICHARD
Guillem SOULAINÉ
Guillaume VIDELAINE
Eric ZHUANG

Introduction

Dans le cadre du cours “Imagine&Make”, nous nous sommes intéressés au problème rencontré dans les hôpitaux concernant l’occupation des lits :



Document - Répartition de l’occupation de lits d’un hôpital sur un an (extrait du sujet)

Comme on peut le voir sur le graphique ci-dessus, la répartition de l’occupation est assez erratique car elle varie fortement d’un jour à un autre, ce qui engendre des inconvénients pour l’organisation de l’hôpital.

Aujourd’hui, le système utilisé est celui du flux poussé, c’est-à-dire que le chirurgien décide de la date d’entrée à partir de son planning de bloc, et la clinique n’a pas son mot à dire. L’inconvénient est que cela ne permet pas d’optimiser l’occupation : en effet, on veut avoir une répartition de l’occupation assez homogène dans le temps et minimiser le travail pendant le week-end.

Ainsi, à travers ce challenge, nous cherchons à trouver des pistes de solution. Par exemple, nous pourrions mettre un flux tiré qui à partir de l’information disponible lors du rendez-vous chirurgical :

- âge, sexe
- acte prévu
- diagnostic principal
- identité du chirurgien

proposerait une date d’admission à l’hôpital pour le patient optimisée pour le fonctionnement de l’hôpital (en tout cas pour les interventions non urgentes).

Etat de l'art

Aujourd’hui, dans les hôpitaux, la planification des rendez-vous et de la date d’entrée est gérée manuellement : soit les médecins donnent une date directement ou sinon le secrétariat s’en charge. Dans tous les cas, la date de rendez-vous n’est pas donnée automatiquement par un logiciel.

Cependant, il existe des outils de gestion de planning utilisant de l’IA pour gérer les plannings internes au sein des hôpitaux. Par exemple Hopia, est une solution qui permet l’optimisation de la planification médicale et paramédicale à destination des établissements de santé.



Cet outil utilisant l’IA permet de gérer les équipes en prenant en compte des contraintes (compétences, temps de travail, gardes, contraintes individuelles). Il prend en compte les désiderata du personnel comme les congés, les jours de repos, les postes spécifiques. Cet outil permet également de prendre en compte les contraintes réglementaires entre autres le temps de travail, la continuité des soins, etc... L’outil donne alors un planning automatiquement. Concernant les aléas, le logiciel peut également les gérer.

Pour la prise de rendez-vous, le choix est toujours influencé par les volontés du patient et/ou des contraintes de l’hôpital. Par exemple, le système RDV Santé permet au patient de prendre rendez-vous sur Internet en fonction du planning de l’hôpital, modifier leur rendez-vous ou le supprimer. Ainsi, c'est également un humain qui choisit les dates de rendez-vous.



Notre travail

Processus bilan de notre méthode de gestion des ressources hospitalières

Une première étape de l'étude consiste à acquérir les données d'entrées d'un patient transmises par le chirurgien à travers une interface que nous avons développée. Ces données permettent alors de calculer un GHM. Ce GHM est associé à une durée de séjour moyenne d'un patient. Pour cette association, on utilise une base avec des données de plusieurs hôpitaux de France.

Une fois les durées de séjour acquises pour chaque nouveau patient, un algorithme génétique permet d'optimiser les dates d'admissions des patients en lissant l'occupation des lits en semaines et en ayant une activité minimale le weekend. Les résultats de l'algorithme génétique sont alors envoyés automatiquement des plannings visuels sur Google Agenda. On a développé un planning d'horaire des chirurgiens, un planning d'occupations des lits et un planning des blocs.

L'interface d'acquisition des données permet aussi de transmettre une date d'admission du patient.

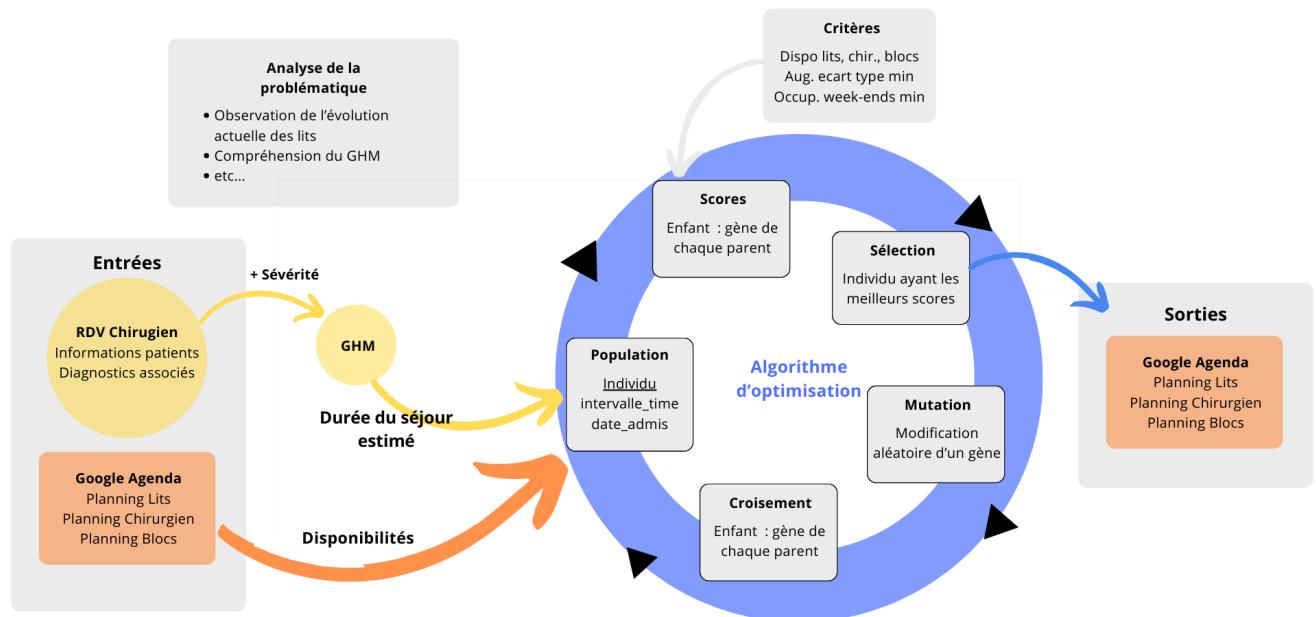


Schéma bilan de notre processus de gestion

Acquisition des données patients

Pour optimiser le séjour d'un patient à l'hôpital, il faut d'abord connaître la durée pendant laquelle il va y séjourner. Cette durée dépend bien sûr de chaque patient et du cas mais en fonction du diagnostic principale, de l'acte et de la sévérité du cas, on peut les regrouper dans des "GHM" = Groupes Homogènes de Malades. Les clients faisant partie du même GHM ont en général une durée de séjour similaire.

Pour calculer le GHM, les informations d'entrées du chirurgiens sont :

- le diagnostic principal
- l'acte d'opérations
- l'âge du patient
- le sexe

Les diagnostics associés peuvent également être renseignés.

A partir du diagnostic principal, la table CIM-10 permet d'obtenir la catégorie majeure de diagnostic (CMD). La CMD détermine entre autres la partie du corps à traiter. Il délivre les deux premiers chiffres du GHM. Par la suite, l'acte classant associé au CMD donne la racine du GHM. Cette dernière comprend le type d'opérations nécessaire par exemple une opération chirurgicale ainsi que le codage de l'acte classant. On obtient alors les trois caractères suivants du GHM. Finalement, les diagnostics associés permettent de déterminer une sévérité codée par un caractère : soit J pour un séjour du patient sans nuit (sévérité nulle) soit un chiffre de 1 à 4 correspondant à une échelle de gravité (1 étant le plus faible et 4 le plus critique). Le GHM est alors entièrement calculé.

En début de projet, nous avons développé une première version d'interface destinée aux chirurgiens afin de calculer la GHM. Le chirurgien renseigne son identité, le nom du patient, son âge et son sexe. Toutefois, il ne pourra pas renseigner le diagnostic principal mais directement la CMD. La complexité due au nombre de diagnostics possibles était un obstacle pour associer un diagnostic principal à une CMD.

Formulaire de Saisie pour l'Hôpital

Nom du Patient:
Marc du Pont

Nom du Professionnel:
PLM

Âge du Patient:
45

Sexe du Patient:
Homme

Catégorie majeure de diagnostic:
Affection du système nerveux

Acte classant:
Interventions sur la rétine

Type d'opération:
C

Interface destinée aux chirurgiens pour la saisie des informations du GHM

Les différentes options de CMD et d'acte classant proposés aux chirurgiens se basent sur les données de Scansanté. Ces données ont ensuite été enregistrées dans une base de données pour le développement de notre interface.

id	dp_name	dp_code
1	Affection du système nerveux	01
2	Affection de l'oeil	02
3	Affection des oreilles, du nez, de la gorge, de la... ...	03
4	Affection de l'appareil respiratoire	04
5	Affection de l'appareil circulatoire	05
6	Affection du tube digestif	06
7	Affection du système hépatobiliaire et du pancréas	07
8	Affection et traumatismes de l'appareil musculosqu... ...	08
9	Affection de la peau, des tissus souscutanés et de... ...	09
10	Affection endocrinien... ...	10

Base de données pour la CMD

Une fois les informations rentrées, le GHM est calculé, il est renvoyé à l'utilisateur avec une durée de séjour estimée à partir d'une base avec des données de la France entière. In fine, nous aimerais renvoyer la date d'admission.

Cependant, l'impossibilité pour le chirurgien de rentrer certaines informations nous a conduit à réévaluer la pertinence de la page. Également, des algorithmes plus complets permettent de faire le calcul d'un GMH à partir du diagnostic principal.

Calcul de la durée de séjour en fonction du GHM

Une des étapes clés au début du processus d'optimisation est d'obtenir une estimation de la durée du séjour pour un certain GHM.

Dans notre base de données, nous avons les dates d'entrée et de sortie des patients pour seulement un seul hôpital, ce qui limite la bonne estimation de la durée estimée. En effet, il est nécessaire d'obtenir des données à une échelle bien plus grande (par exemple la France), pour obtenir une estimation plus précise.

En utilisant cette base de données, nous avons tout d'abord essayé d'entraîner une IA à l'aide de kaggle qui pourrait nous donner, en lui fournissant en entrée les données des diagnostics associés, la sévérité et donc la durée théorique du séjour à l'hôpital (en nuitées). Cependant, de nombreux problèmes se sont posés au vu de la base de données. En effet, les diagnostics associés sont typiquement sous la forme "F41.8". L'IA ne pouvant prendre en entrée que des floats, nous avons décidé de séparer ces diagnostics en trois colonnes, ici "F", "41" et "8", puis de convertir en unicode "F" afin d'avoir uniquement des floats. Cependant, certains diagnostics associés étaient de la forme "B24.+0" ou "Z99.1+1". Le "+chiffre" permettait de préciser le diagnostic. Afin de pouvoir traiter les données, nous avons choisi de ne pas traiter cette information (qui ne concernait qu'une minorité de valeur). Nous avons donc cherché à repérer les caractères "+" dans le tableau, et à supprimer les caractères suivants. Nous avons réalisé une fonction qui fonctionnait quand on la testait sur une case du tableau, mais qui semblait ne plus avoir d'effet lorsqu'on l'utilisait sur l'ensemble du tableau dans une boucle for. Nous n'avons jamais réussi à identifier la cause du problème, qui est restée pour nous une énigme.

La base de données qui nous a été fournie ne comportant de toute façon les données que d'environ 14 000 patients (probablement insuffisant pour entraîner une IA satisfaisante), nous avons donc pris la décision d'abandonner cette voie.

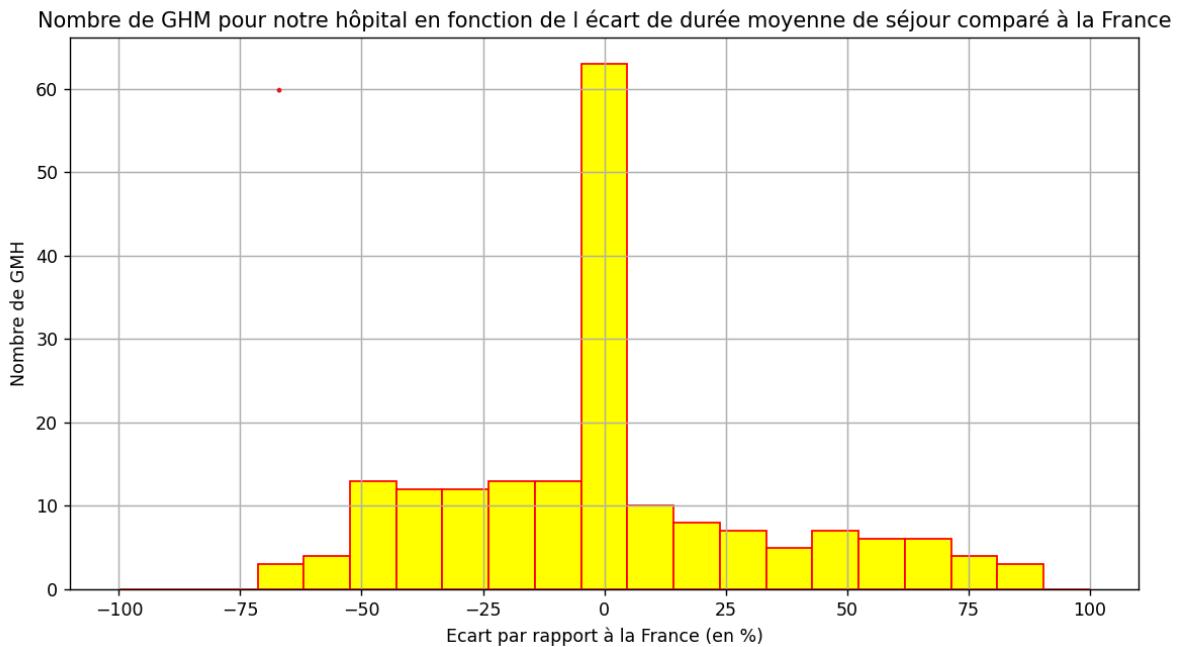
Nous avons plutôt cherché des données dans la documentation en ligne des données pouvant relier la sévérité et la durée du séjour à l'hôpital. A partir des dates d'entrées et de sortie sur les données de l'hôpital, nous avons pu calculer pour chaque patient la durée de son séjour :

Date Entrée	Date Sortie
4/1/2019	4/1/2019
7/1/2019	7/1/2019
7/1/2019	7/1/2019
7/1/2019	7/1/2019
4/1/2019	4/1/2019
3/1/2019	3/1/2019
3/1/2019	3/1/2019
4/1/2019	4/1/2019

01C15J	1,0
01K06J	1,0
01M111	4,5
01M11T	2,0
01M32Z	2,0
03C16J	1,0
05C171	2,0
05C17J	1,0
05C18J	1,0
05K26J	1,0
06C12J	1,0
08C022	9,5
08C041	1,8
08C12J	1,0
08C131	2,4

Document - Calcul de la durée moyenne de séjour par GHM pour l'hôpital en question

Nous avons ensuite comparé les données calculées sur cet hôpital avec les statistiques utilisées sur la France entière. On a regardé l'écart de la durée moyenne de séjour par GHM par rapport à la durée enregistrée pour la France entière. Voici un histogramme qui résume cela :



Document - Écart de durée moyenne de séjour par rapport à la France

On peut noter une répartition qui suit à peu près l'aspect d'une loi normale, avec une répartition centrée sur 0. Le pic en 0 est largement dû au séjours en ambulatoire, dont la

durée est similaire à ceux en France. On en conclut donc qu'il y a des écarts de durée moyenne de séjour par rapport à la France mais cela est à peu près équilibré dans les deux sens (séjours plus longs ou plus courts en comparaison à la France entière).

Ainsi, pour l'exploitation de la durée moyenne de séjour, nous avons décidé d'utiliser la valeur prise sur la France entière, qui nous permet d'avoir des valeurs plus précises.

On a ensuite codé une fonction qui nous retourne la valeur de la DMS lorsqu'on lui met un code "GHM" :

```
↳ duree_ghm.py > ...
1  import csv
2  import matplotlib.pyplot as plt
3
4  with open('duree_moyenne_ghm.csv',newline='') as duree_moyenne_ghm:
5      tableau=[]
6      lire=csv.reader(duree_moyenne_ghm)
7      print('',end='\n')
8      for ligne in lire:
9          tableau.append(ligne)
10     #print(tableau)
11
12 def donne_duree(ghm):
13     indice=0
14     while((tableau[indice][0])!=ghm):
15         indice+=1
16     return tableau[indice][1]
17
18 print(donne_duree('01M302'))
19
```

PROBLÈMES SORTIE CONSOLE DE DÉBOGAGE TERMINAL PORTS
8.63

Document - la fonction donne_duree nous retourne la durée moyenne de séjour

Calcul planning du chirurgien

Nous nous sommes ensuite intéressés au planning de travail des chirurgiens. Dans le fichier des cas que nous possédons, nous n'avons que la date, l'heure d'entrée et de sortie de salle d'opération ainsi que le nom du chirurgien. Nous avons donc implémenté un code qui nous permet de retrouver les 14 demi-journées de travail des chirurgiens dans la semaine :

- 1 si le chirurgien en question travaille cette demi-journée
- 0 si le chirurgien en question ne travaille pas cette demi-journée

Le matin comprend les horaires de 6h à 12h et l'après-midi comprend les horaires de 12h01 à 21h. On a ainsi au total 14 demi-journées dans la semaine (lundi matin, après-midi ... jusqu'à dimanche après-midi).

Nous avons utilisé un fichier csv avec :

No	Cas	Date Entrée	Date Sortie	Nom chir	Heure d'entr
1680579	4/1/2019	4/1/2019	PIT	13:55:00	15:05:00,1
1680210	7/1/2019	7/1/2019	PIT	7:54:00	8:28:00,1
1680050	7/1/2019	7/1/2019	PIT	8:38:00	9:25:00,1
1680580	7/1/2019	7/1/2019	PIT	9:40:00	10:39:00,1
1678286	4/1/2019	4/1/2019	OVA	14:13:00	15:10:00,1

Document - Historique des opérations chirurgicales

Ainsi, on a créé une liste avec le planning de travail des chirurgiens qu'on a converti en fichier csv (voir le code en annexe) :

```
1,1,1,0,0,1,0,1,1,0,0,0,1,0,BAL  
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,CAZ  
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,CHA  
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,DOL  
0,0,1,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,FER  
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,FRA  
0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,FUL  
1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,GHR  
0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,HOV  
1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,JAC  
0,0,1,0,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,JOU
```

Document - Planning de travail des 23 chirurgiens

Calendriers Google Calendar

The screenshot shows a Google Calendar interface for the period from December 31, 2023, to January 6, 2024. The top navigation bar includes 'Agenda', 'Aujourd'hui', date range, search, and settings. The left sidebar shows a monthly calendar and a 'Créer' button. The main area displays a weekly grid with time slots from 06:00 to 15:00. Several events are listed across the agendas:

- Clinique LitOptim:** Shows various scheduled events throughout the week.
- bloc1, bloc2:** Show availability for surgery rooms.
- chir1:** Shows frequent 'repos' (rest) events, particularly on Monday, Tuesday, and Wednesday.
- Lits:** Shows availability for patient beds.
- Tasks:** Shows administrative tasks.

Nous avons mis en place des calendriers Google Calendar afin d'enregistrer les disponibilités des chirurgiens, des blocs et des lits. Nous avons mis en place une API qui est proposée par les services Google. Cette API nous permet de récupérer ou enregistrer des événements grâce à des requêtes HTTP.

Un programme python a donc été fait pour calculer la compatibilité de plusieurs agendas en les superposant.

```
>>> merged_calendars
           availability_chir  availability_bloc  availability
2023-12-23 00:00:00+01:00          1                  1          1
2023-12-23 00:30:00+01:00          1                  1          1
2023-12-23 01:00:00+01:00          1                  1          1
2023-12-23 01:30:00+01:00          1                  1          1
2023-12-23 02:00:00+01:00          1                  1          1
...
2023-12-27 22:00:00+01:00          1                  1          1
2023-12-27 22:30:00+01:00          1                  1          1
2023-12-27 23:00:00+01:00          1                  1          1
2023-12-27 23:30:00+01:00          1                  1          1
2023-12-28 00:00:00+01:00          1                  1          1
```

Ensute nous sommes capable de choisir les créneaux possibles pour planifier un évènement.

	availability
2023-12-23	0
2023-12-24	1
2023-12-25	0
2023-12-26	0
2023-12-27	0

Optimisation de la gestion des lits en hôpitaux

La partie principale de notre travail s'est portée sur le développement d'un algorithme génétique pour optimiser la gestion des ressources hospitalières.

Nous avons définis en paramètres initiaux :

- nb_maxiteration : nombre d'itérations maximum pour générer le meilleur individu/planning
- size_pop : nombre de concurrents pour la meilleure solution

En entrée de notre algorithme, nous prenons en compte les informations suivantes :

- stay_time : liste des durées de séjour des patients
- occup_lits : liste d'occupation des lits
- chir : liste des noms des chirurgiens
- blocs : liste des disponibilités des blocs

Nous définissons les gènes suivants :

- predict_time : la plage de temps maximum pour poser le rendez vous d'un patient
- date_adm : les points possibles pour admettre le rendez vous d'un patient

Les critères pris en compte dans le calcul de score de la population sont :

- l'écart type par rapport à la moyenne d'occupation des lits
- la disponibilité des lits
- l'occupation minimale en weekend

- la disponibilité des blocs*
- la disponibilité des chirurgiens*

*Ce sont des paramètres que nous avons tenté d'implémenter mais sans résultat probant pour le moment. Toutefois, les structures des programmes sont réalisées.

Avec tous ces paramètres établis, on crée une première génération de concurrents pour la solution avec les gènes. Ensuite, on réalise des itérations pour générer de meilleures solutions avec un calcul de score de population en ajoutant des bonus et malus selon le critère. On sélectionne les meilleures solutions. Par la suite, on crée des croisements entre les meilleures solutions et on ajoute des mutations. Suite à ces itérations, on obtient le meilleur individu : la solution de planning finale.

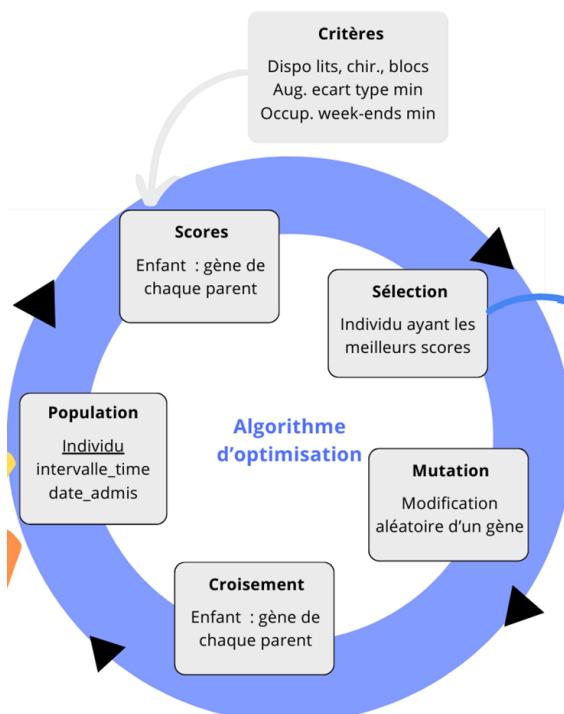
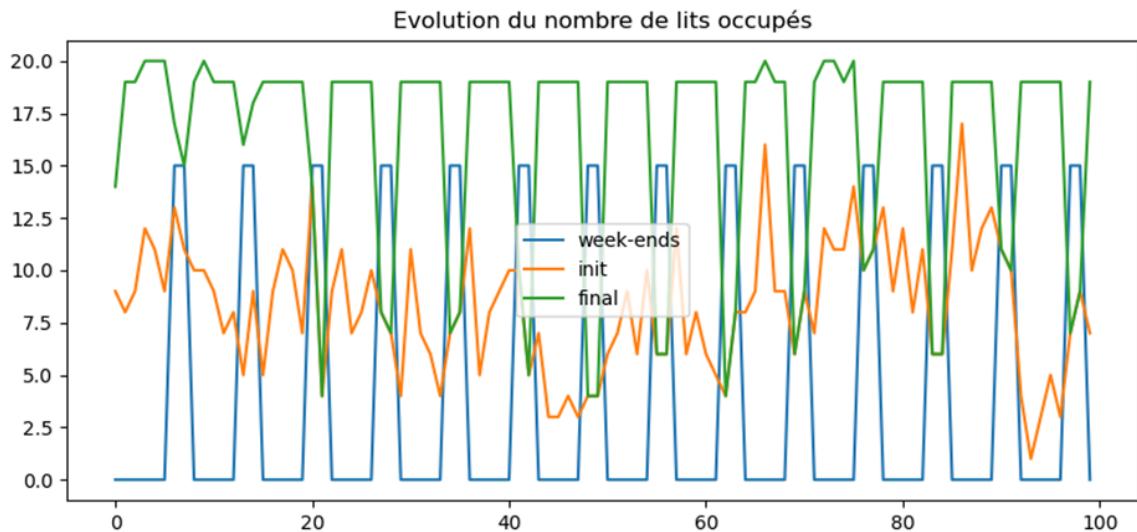


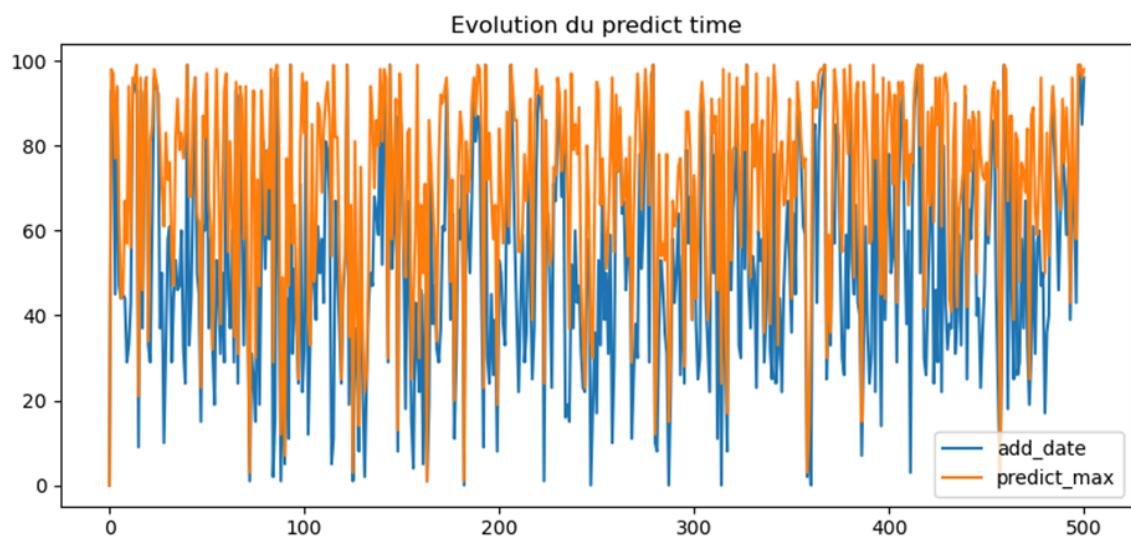
Schéma de notre algorithme génétique

On a obtenu les résultats suivants pour des séjours aléatoires que nous avons rentrés* :



*Nous avons pris comme données initiales des séjours générés aléatoirement et non dans la base de données par manque de temps. Cependant, il est possible de prendre le fichier csv du challenge pour le traiter.

Analyse : On observe en orange les lits occupés à l'état initial. Ils sont erratiques. On observe que notre résultat du meilleur individu représenté par la courbe verte suit bien les objectifs de l'étude : avoir une activité lissée en semaine et une activité minimale en weekend. Toutefois, la saturation des blocs et les préférences des chirurgiens pour un jour de la semaine n'ont pas été pris en compte dans ce résultat.



Ici, il s'agit de l'évolution des gènes.

Conclusion et perspectives

Notre étude, menée dans le cadre du cours “Imagine&Make”, a abordé la question de l’occupation des lits dans les hôpitaux, un sujet crucial pour le secteur de la santé. Notre recherche a examiné les difficultés inhérentes au système actuel de flux poussé et a suggéré une nouvelle méthode visant à améliorer l’occupation des lits.

La mise en place d'une interface pour les chirurgiens pourrait faciliter le calcul du GHM (Groupe Homogène de Malades). Bien que cette solution ne soit pas une révolution, elle offre une amélioration pratique dans le processus de prédiction de la durée de séjour des patients, un élément important dans la gestion des ressources hospitalières.

L'utilisation des données de Scansanté, ainsi que celles de notre propre base, a été essentielle dans l'estimation plus précise de la durée de séjour. La comparaison de nos résultats avec des données nationales a apporté une perspective plus large, nous permettant d'obtenir une vision plus claire des tendances et des variations des durées de séjour.

Par ailleurs, notre exploration du planning des chirurgiens a offert des informations utiles pour l'organisation des interventions chirurgicales et a contribué à une meilleure utilisation des lits d'hôpital. Cette démarche a mis en évidence l'importance d'une planification méticuleuse et d'une allocation optimale des ressources.

Ensuite, on a développé un algorithme génétique pour optimiser ces ressources hospitalières. Nous avons pu valider une activité minimale le weekend et une activité lissée en semaine. Toutefois, la saturation des blocs et la préférence des chirurgiens n'ont pas été pris en compte. Un calendrier permet de transmettre le planning.

Bibliographie

- MCO par GHM ou racine
<https://www.scansante.fr/applications/statistiques-activite-MCO-par-GHM>
- Python Write CSV File
<https://www.pythontutorial.net/python-basics/python-write-csv-file/>
- Histogramme
<https://www.python-simple.com/python-matplotlib/histogram.php>
- Comprendre les algorithmes génétiques
https://www.youtube.com/watch?v=ncj_hBfRt-Y&list=PLpEPgC7cUJ4ZNovzxg5rVKTsIS4DVGyPB
- Calcul GHM
<https://www.scansante.fr/applications/statistiques-activite-MCO-par-GHM>
- Optimisation des ressources en milieu hospitalier
<https://www.theses.fr/2021TROY0013.pdf>
- Optimisation de la gestion d'un service hospitalier
https://dial.uclouvain.be/downloader/downloader.php?pid=thesis%3A3102&datastream=PDF_02&cover=cover-mem

