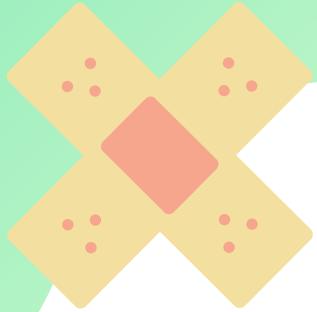


# Fil Rouge

## Électif IAS



Hugo DE BARROS ARAUJO  
Clément INGELAERE  
Hugo JOUAN  
Hassen NEMRI  
Malo RUELLE  
Gabriel SOUZA E SILVA  
Tom VAUCOURT



# Table des matières

1. Introduction
2. Analyse de Données
3. Apprentissage et Prédiction
4. Ordonnancement
5. Modélisation Workflow du Parcours Patient
6. IOT & Santé
7. Conclusion



# 1. Introduction

## Motivations

- Technologies de plus en plus présentes dans le milieu hospitalier
- Utilisation nouvelle de l'IA dans la santé (ex: détection de cancer à partir d'image)
- Des méthodes d'imageries perfectionnées au fil des années
- Crédit de nouvelles technologies (montre withings)



# Visite des urgences



- **Distance importante** entre les différents services due à la taille du CHU
- Un premier **accueil administratif** pour renseigner les informations sur le patient
- 2 types de circuits : **circuit court** et **circuit long**
- Réseau informatique globalisé : possibilité d'avoir tous les dossiers patients pour faire de l'ordonnancement

# Intervenants

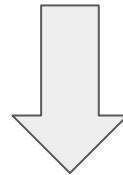
## Regis Beuscart

Les outils technologiques permettent une coopération entre l'homme et l'ordinateur :

- Coopération **additive**
- Coopération **intégrante**
- Coopération **de débat**

## Grégoire Ficheur

Réutilisation des bases de données pour des études



## Jean-Baptiste Beuscart

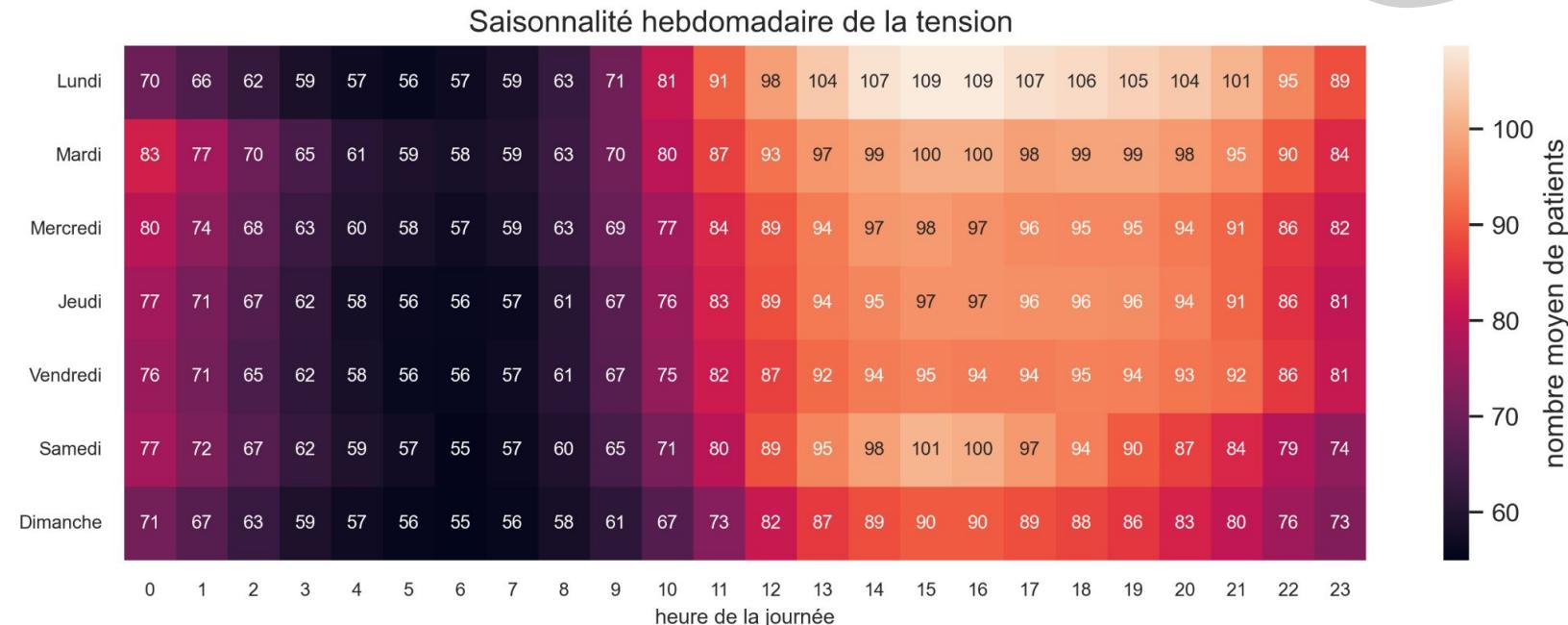
Cure  Care

De grand besoin **de soutien care**

Ordonnancement permet d'**améliorer les méthodes de care**

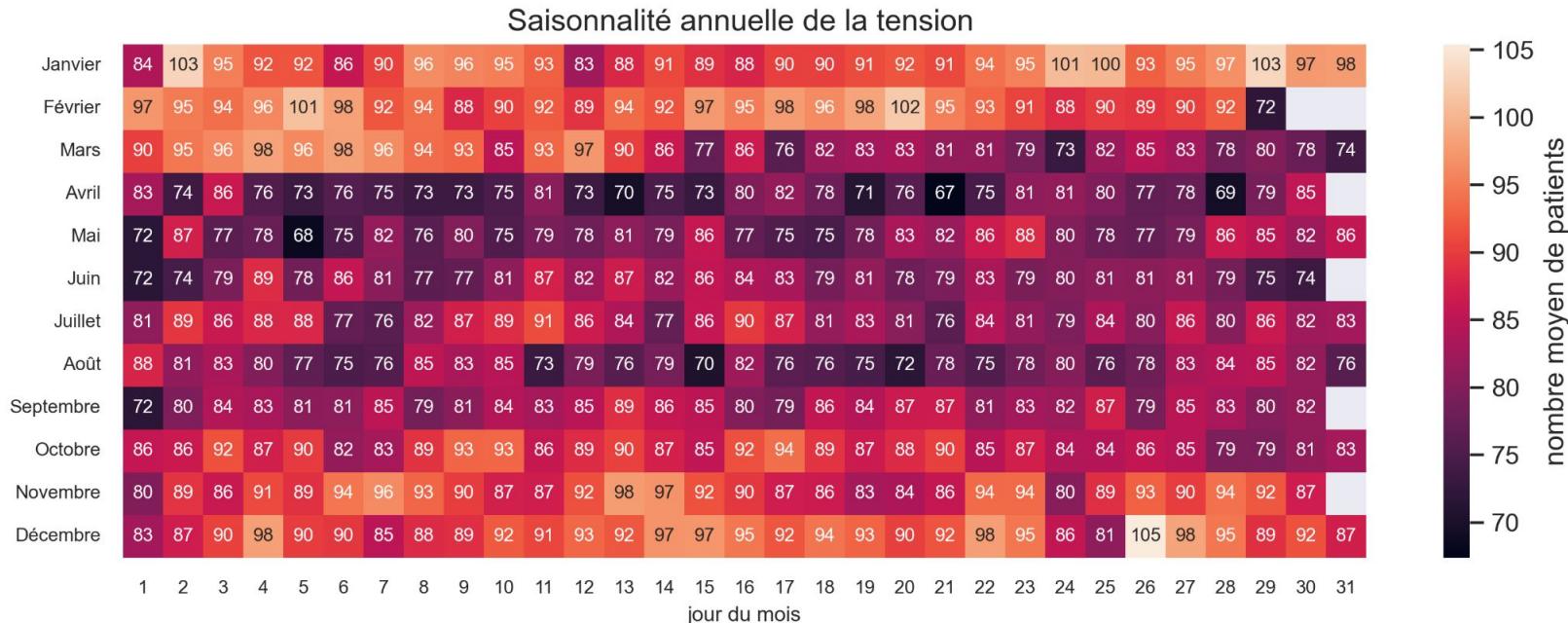
## 2. Analyse de données

Nombre de patients aux urgences par heure, jours et par mois



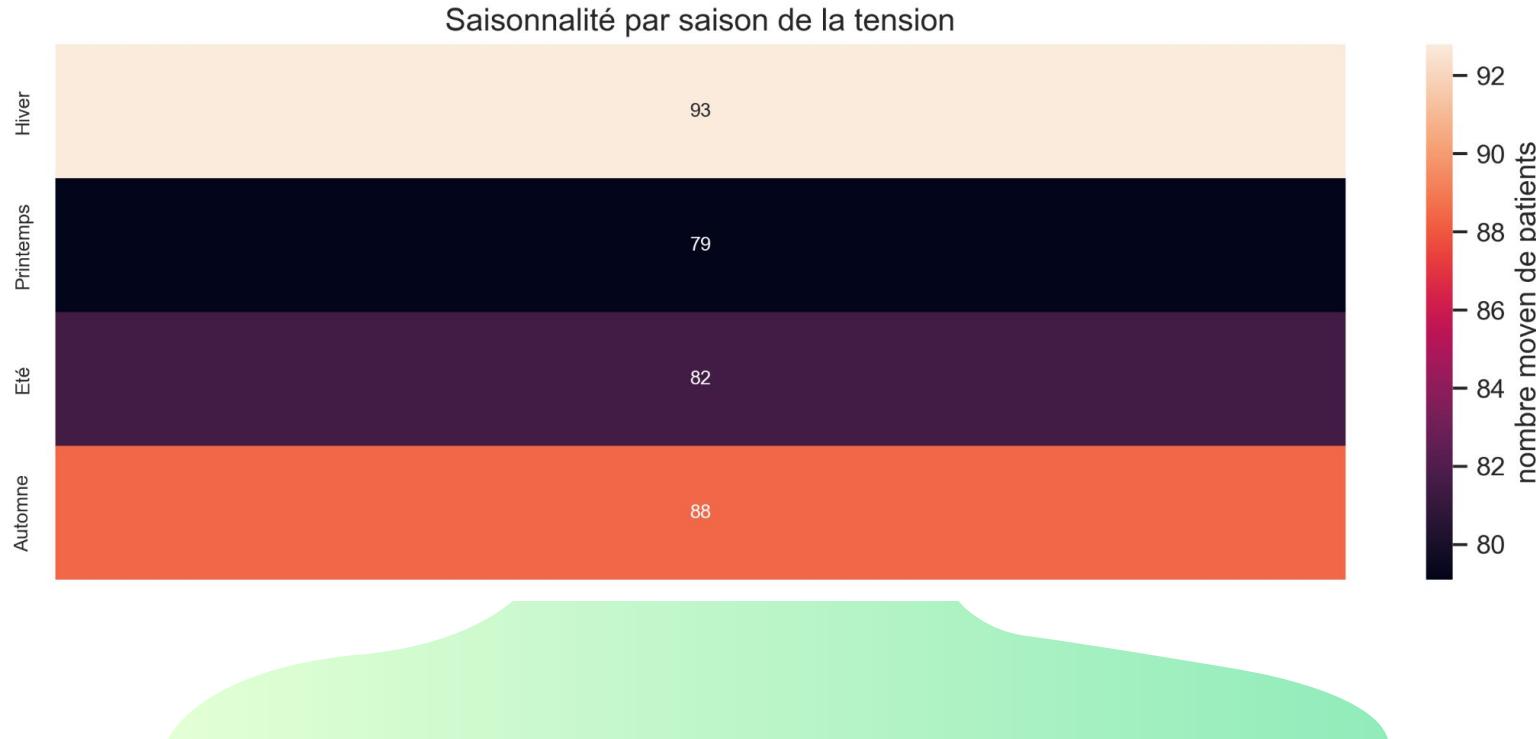
## 2. Analyse de données

### Nombre de patients aux urgences par heure, jours et par mois



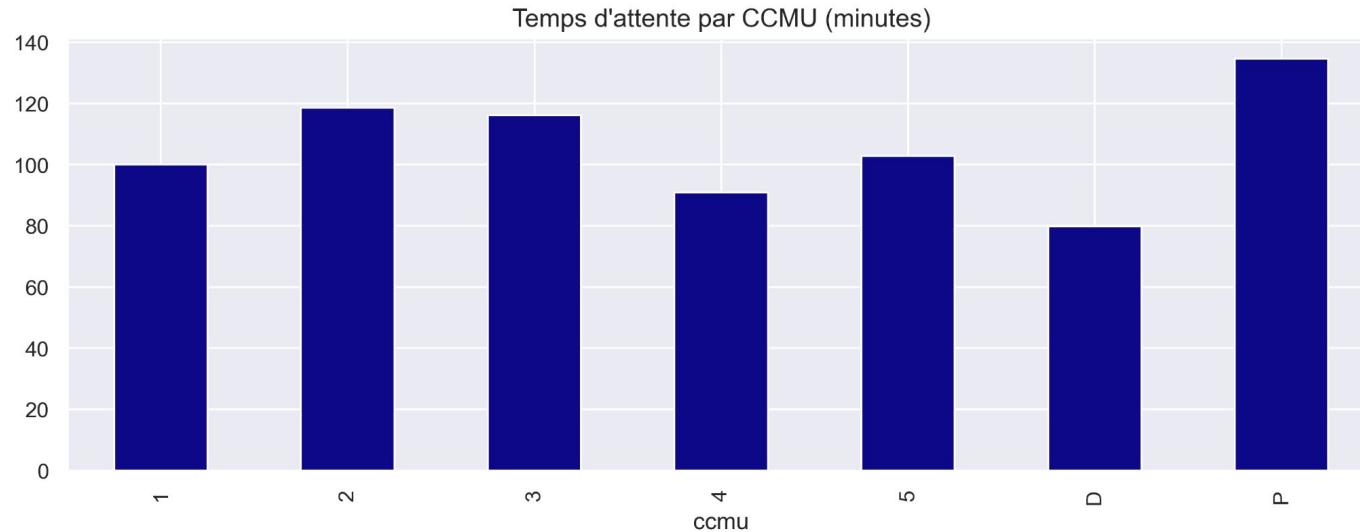
## 2. Analyse de données

Nombre de patients aux urgences par heure, jours et par mois



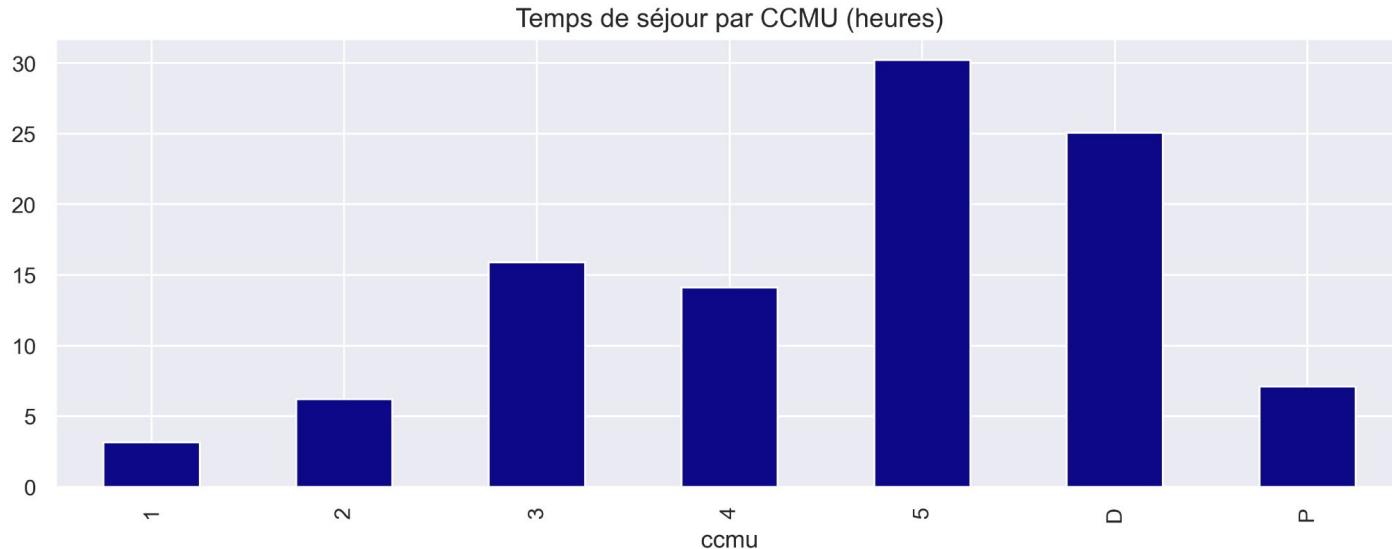
## 2. Analyse de données

Temps d'attente et de passage moyens en fonction du niveau de gravité



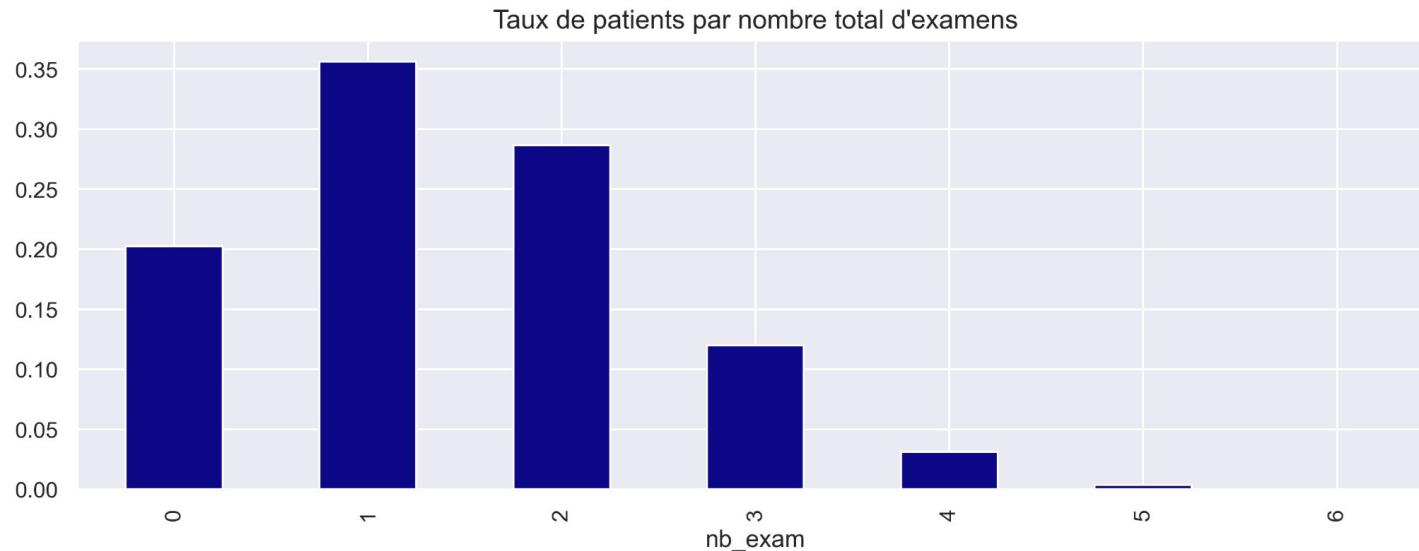
## 2. Analyse de données

Temps d'attente et de passage moyens en fonction du niveau de gravité



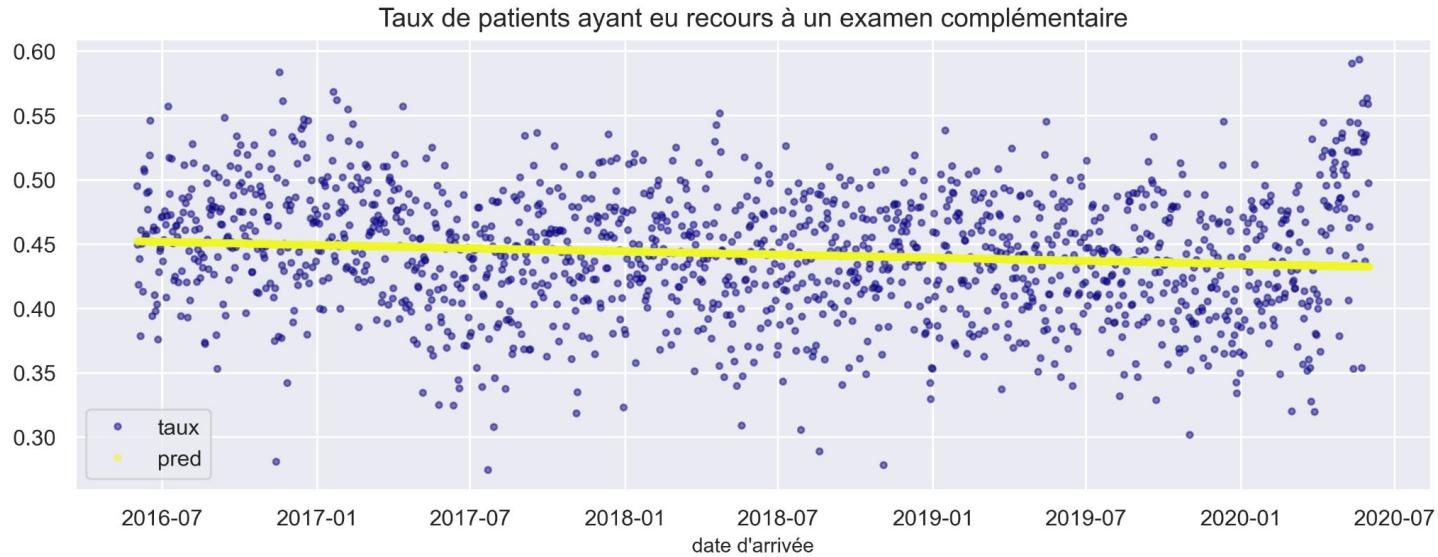
## 2. Analyse de données

Nombre de patients ayant eu recours à un examen complémentaire



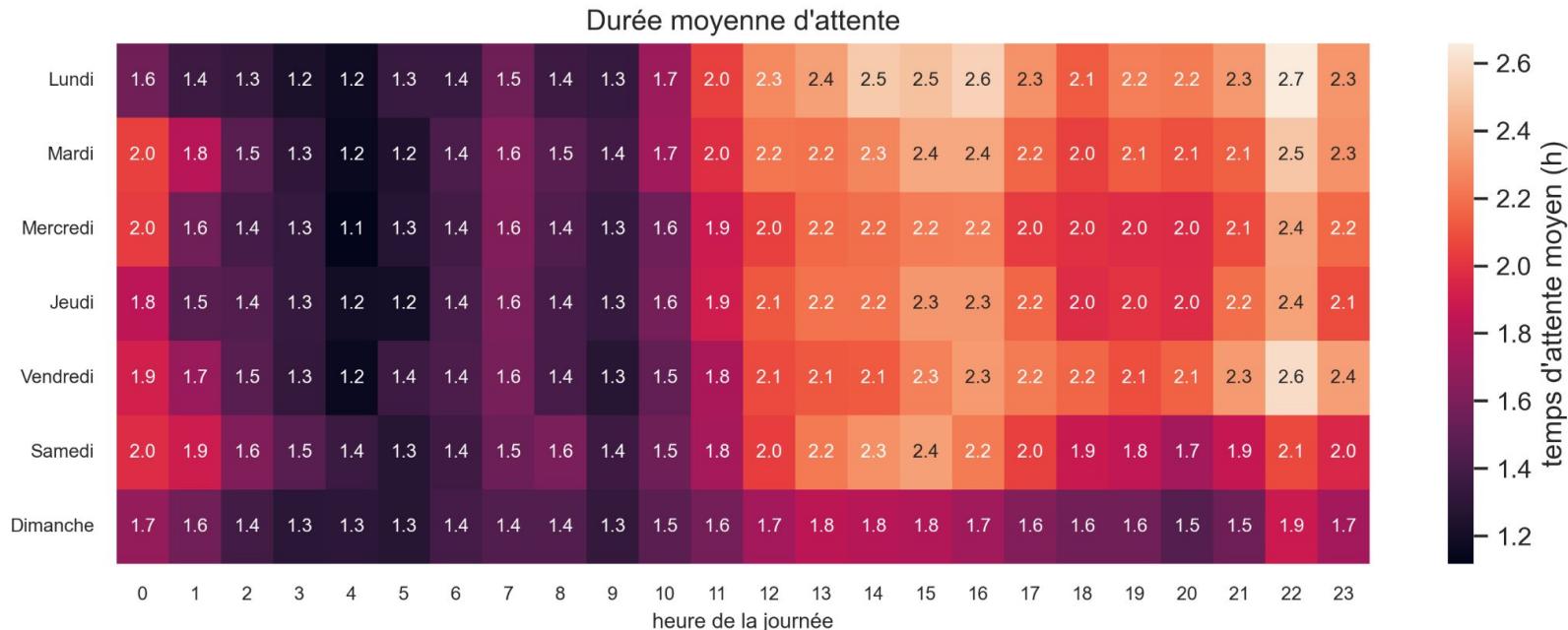
## 2. Analyse de données

### Taux de patients ayant eu recours à un examen complémentaire



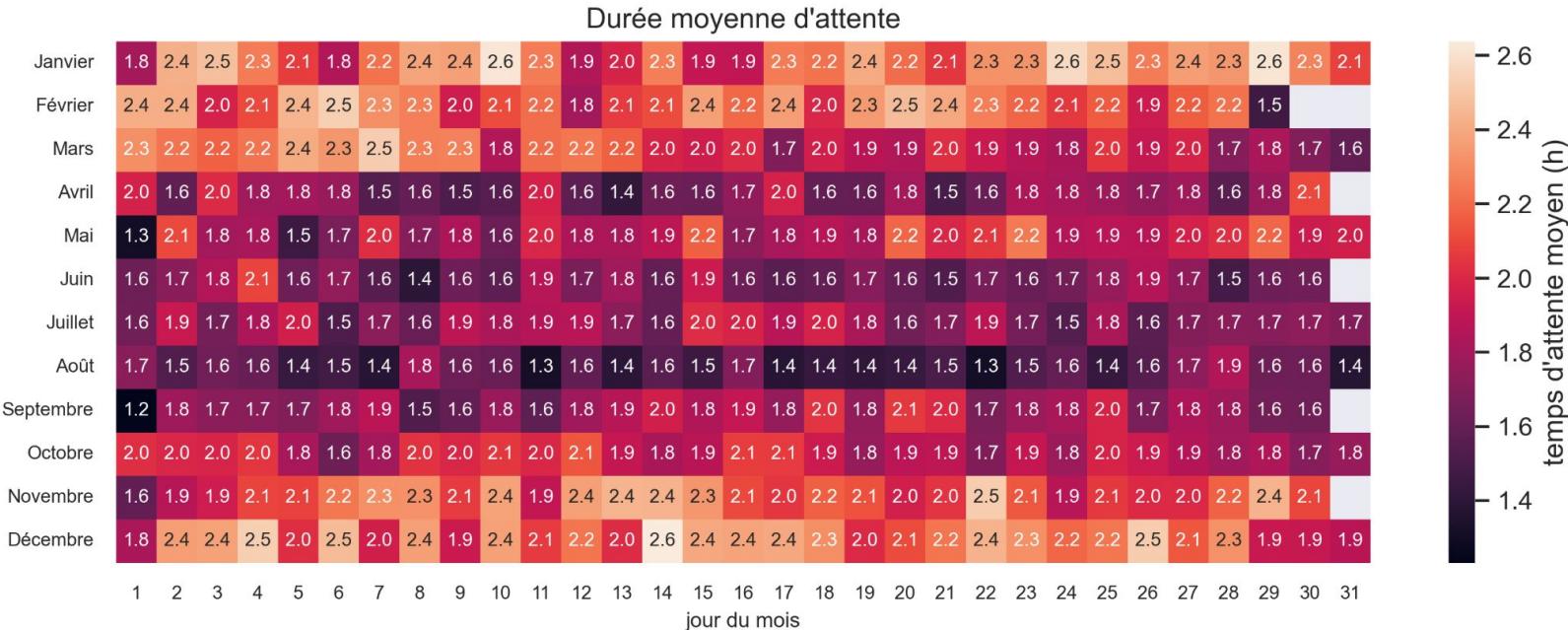
## 2. Analyse de données

### Durée d'attente



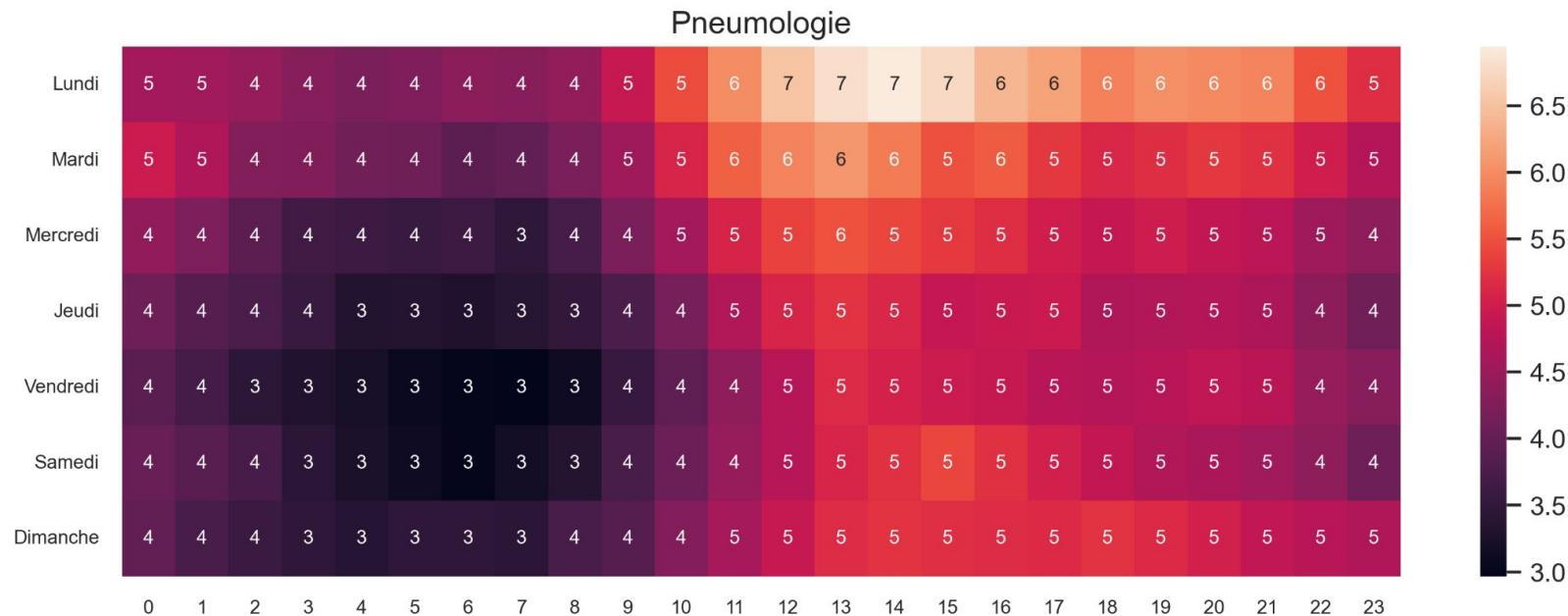
# 2. Analyse de données

## Durée d'attente



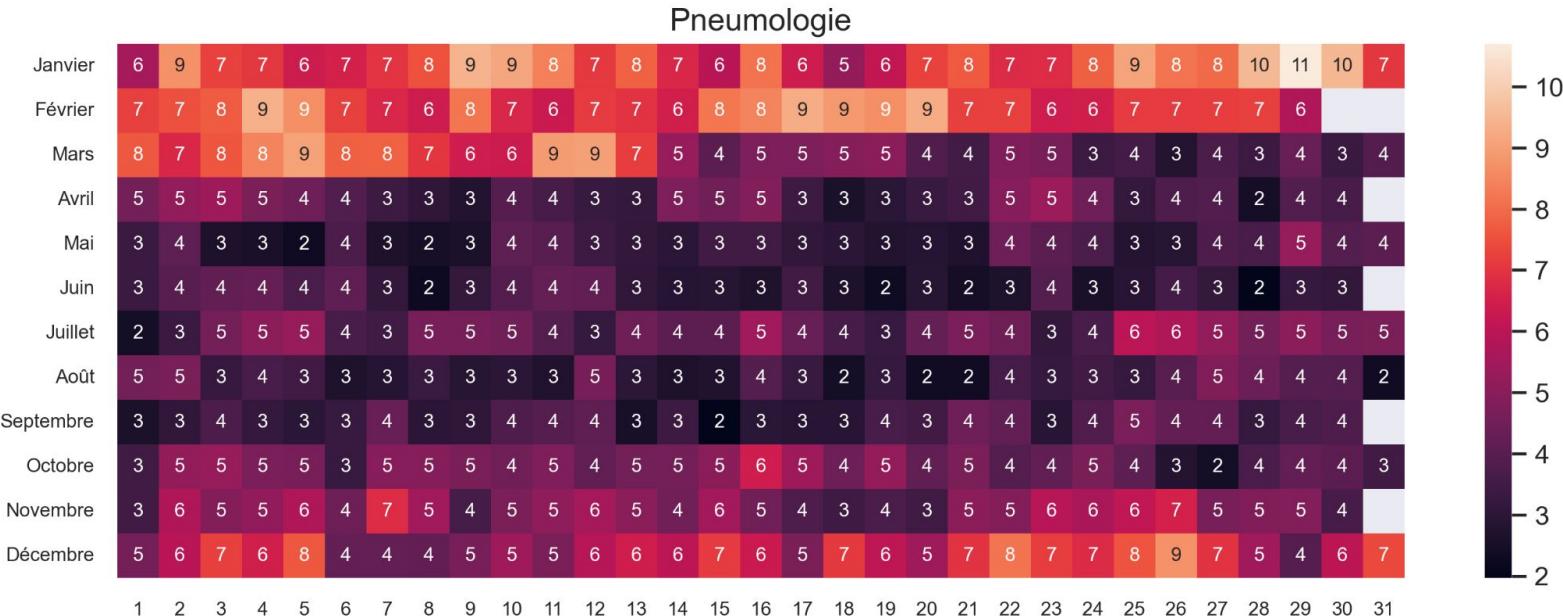
## 2. Analyse de données

### Nombre de patients par pathologie



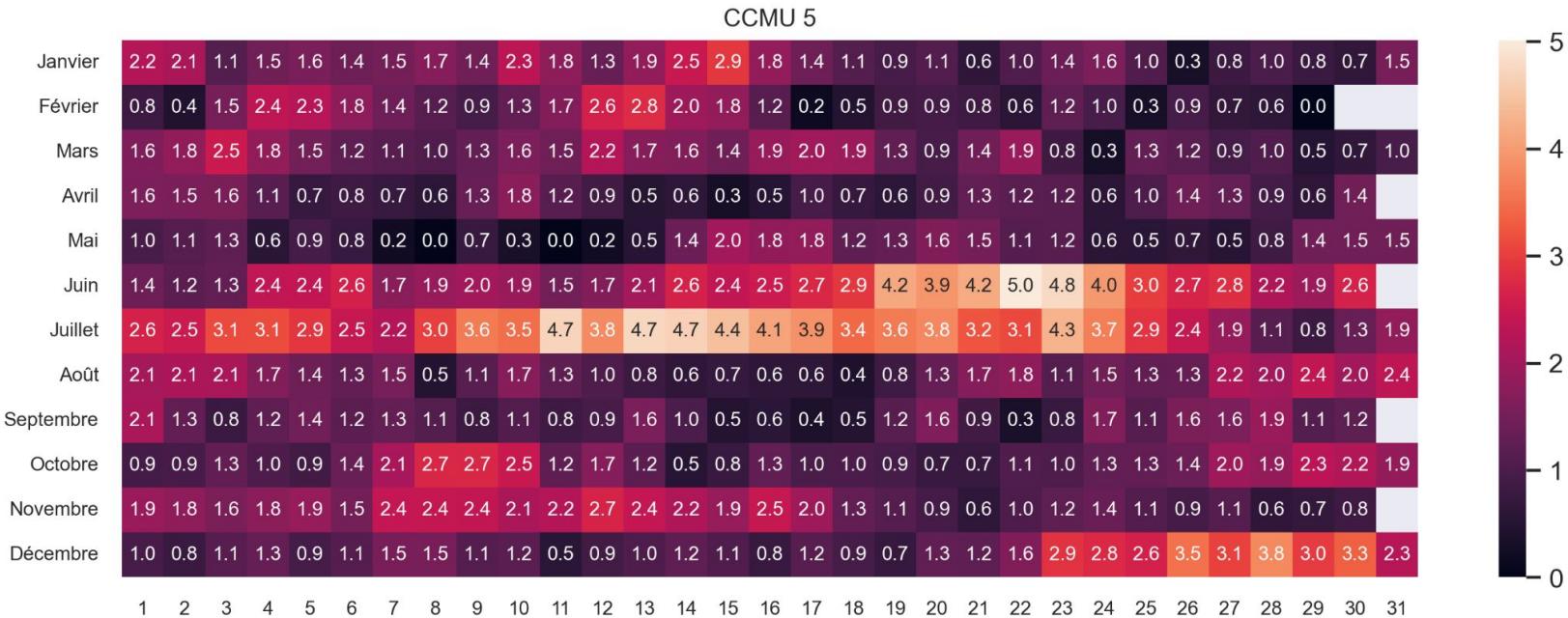
# 2. Analyse de données

## Nombre de patients par pathologie



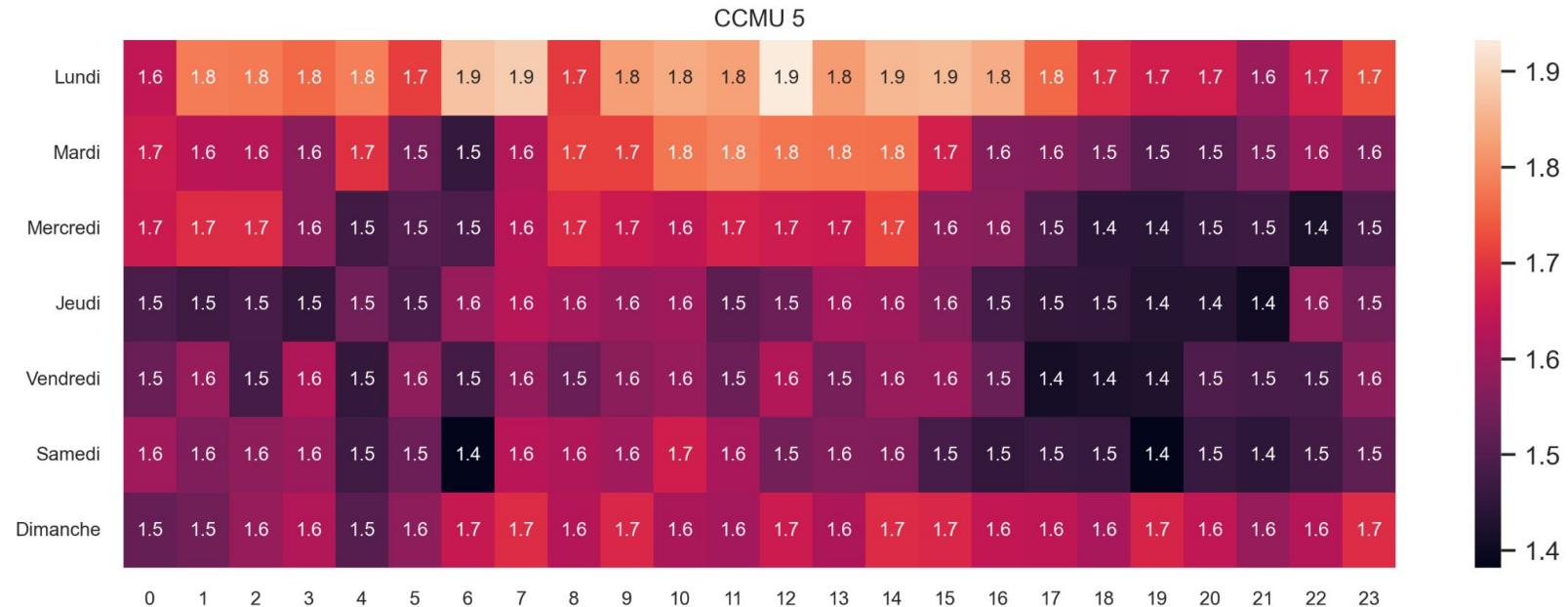
## 2. Analyse de données

### Nombre de CCMU 4 et 5 présents (patients graves)



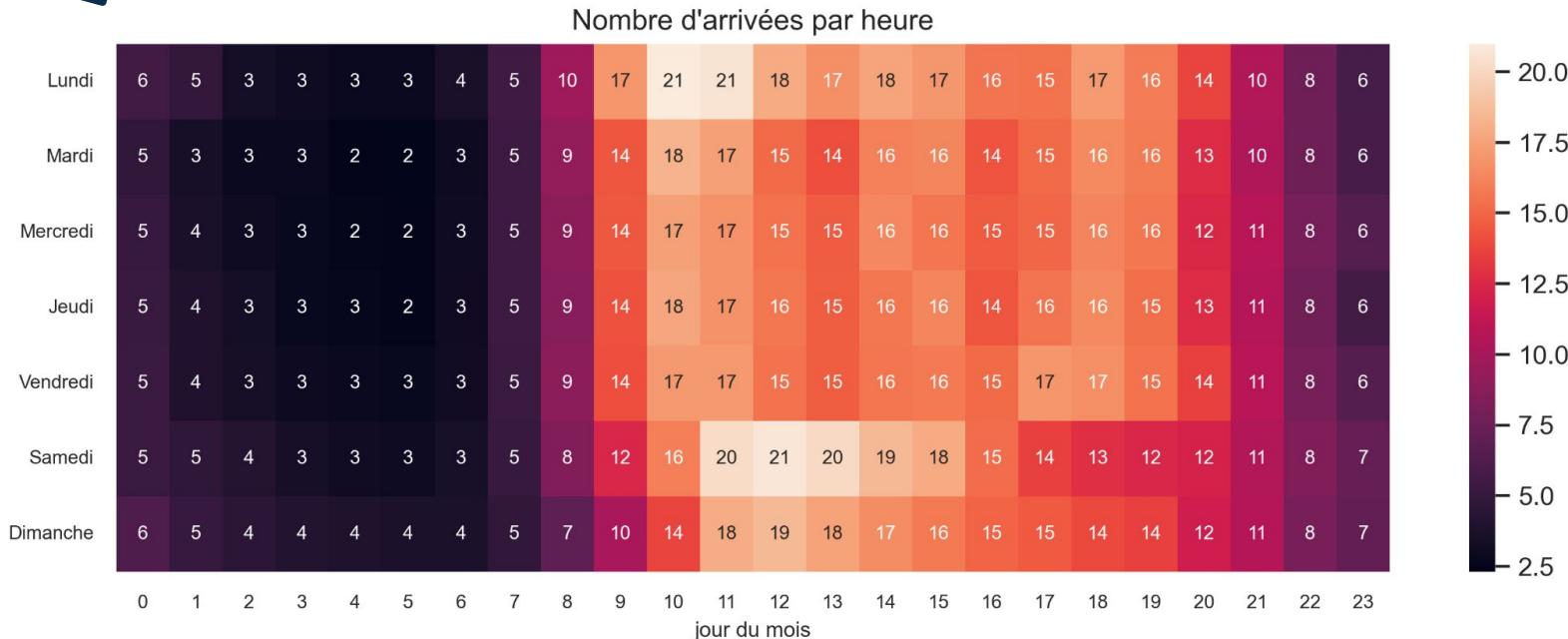
## 2. Analyse de données

### Nombre de CCMU 5 présents (patients graves)



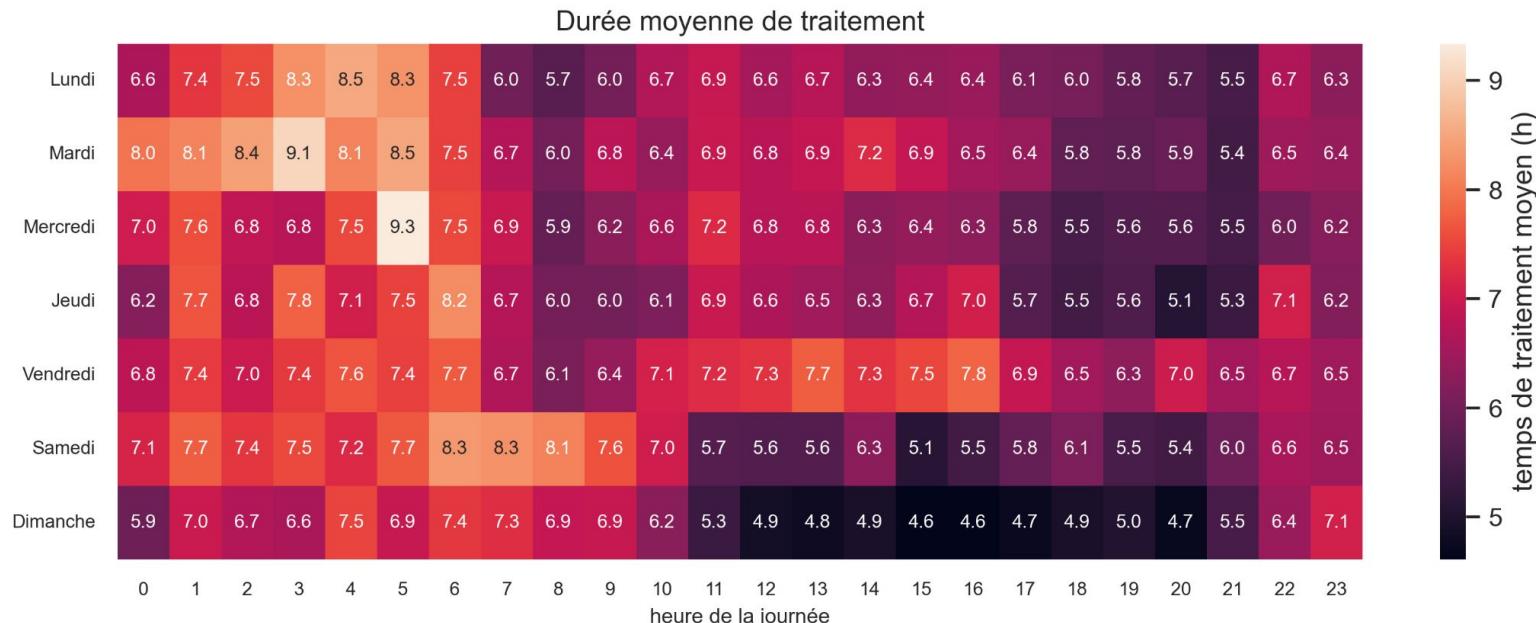
# 3. Apprentissage et prédition

## Prédiction de la loi d'arrivée des patients au SUA



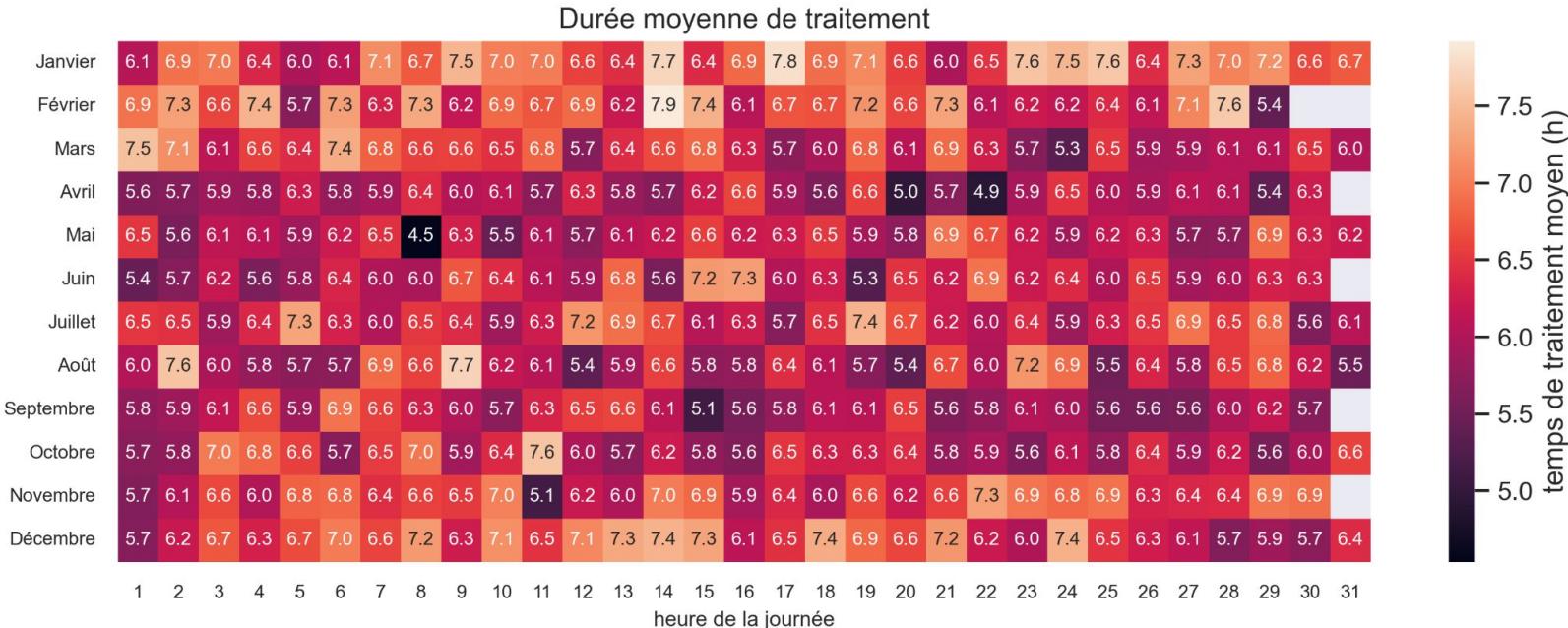
# 3. Apprentissage et prédition

## Prédition de la durée du traitement



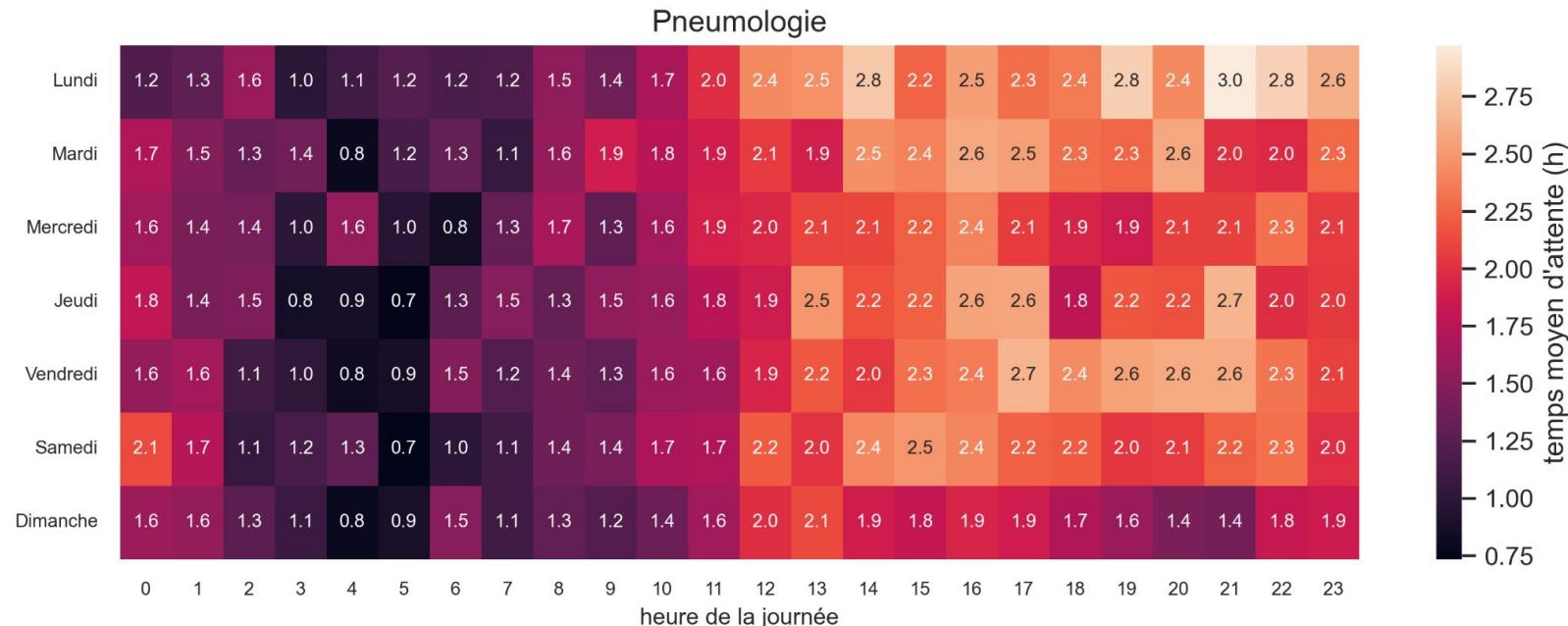
# 3. Apprentissage et prédition

## Prédition de la durée du traitement



# 3. Apprentissage et prédition

Prédiction du temps d'attente par pathologie en fonction du jour et de l'heure d'arrivée



# 4. Ordonnancement

## 4.1 Le problème

Table de compétences

	Opération 1	Opération 2	Opération 3	Opération 4	Opération 5
Patient 1	C1x2	C1 et C2	C1 et C3	C1 et C2x2	C4, C5x2 et C6
Patient 2	C2 et C3	C2 et C3	C2	Aucune opération	Aucune opération
Patient 3	C3x2	C3	Aucune opération	Aucune opération	Aucune opération
Patient 4	C4x2	C5 et C6	C6x2	C4x2	C1 et C2
Patient 5	C2x2	C5	C5 et C6	C4 et C5	C3
Patient 6	C1	C4	C6	Aucune opération	Aucune opération
Patient 7	C6x2	C1	C5 et C6	C3	Aucune opération
Patient 8	C3 et C5	C2 et C5	C3 et C6	C6	Aucune opération
Patient 9	C5	C4	C1	Aucune opération	Aucune opération
Patient 10	C4	C4 et C5	C1 et C2	C4	Aucune opération

### Objectif :

Ordonner les opérations pour avoir une durée d'exécution la plus courte possible.

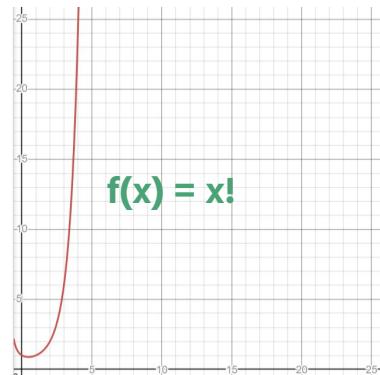
### Règles

1. Une opération peut être aboutie **seulement si l'opération précédente**, par rapport à l'ordre donnée, **a déjà commencé ou est finie**.
2. **Une compétence** ne peut pas être utilisée **pour plus d'une opération en même temps**.

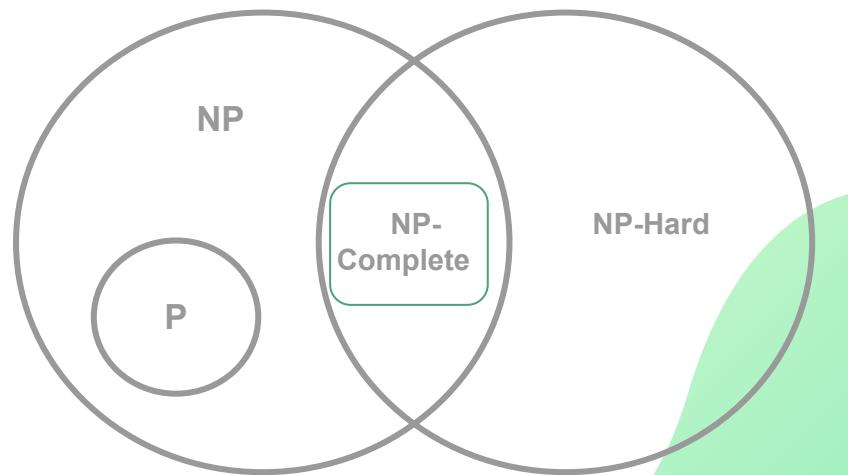
## NP Problems

- **Vérifier** une solution : facile, rapide
- **Trouver** une solution : difficile, prend trop de temps

Permutation  Croissance factorielle



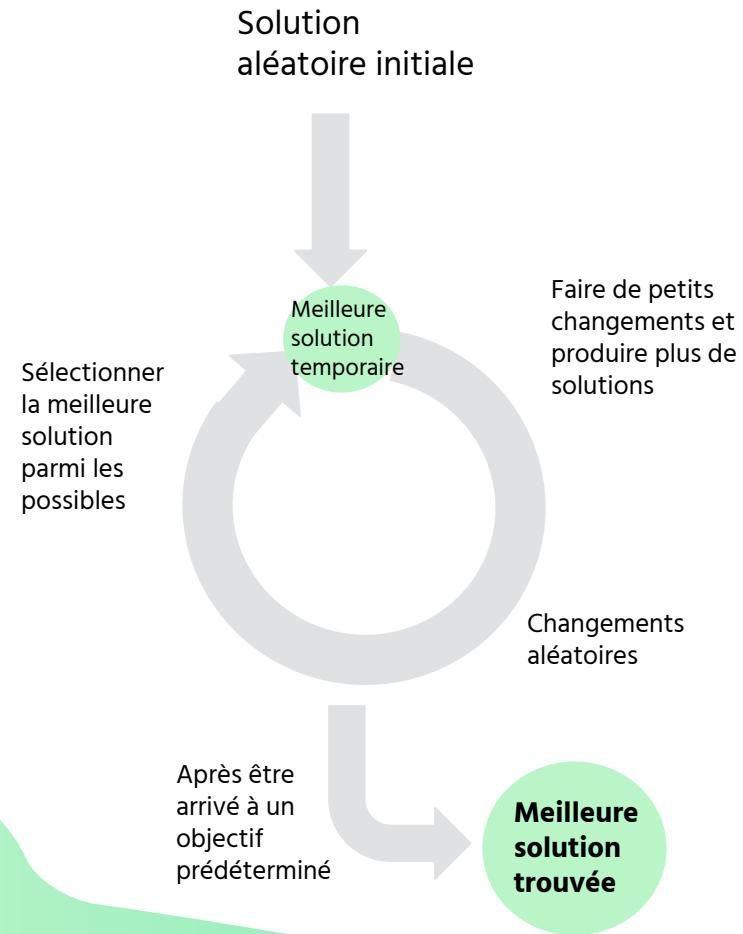
## Théorie de la complexité computationnelle



## 4.2 La solution

### Méthodes mét-heuristiques

- Ne donnent pas nécessairement la meilleure solution
- On ne retrouve pas toujours la même réponse
- Bon ratio résultat/temps par rapport aux méthodes traditionnelles



## 4.3 Recuit Simulé

Méthode inspirée d'un processus utilisé en métallurgie.

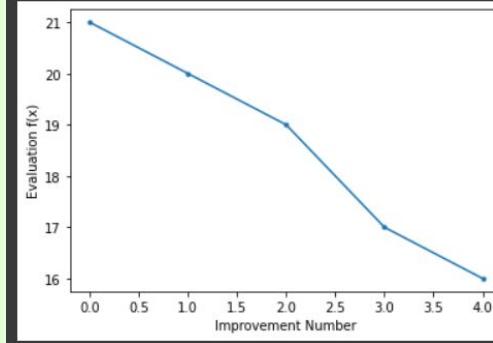
On **alterne** dans cette dernière des **cycles de refroidissement lent** et de **réchauffage** (recuit)  $\Rightarrow$  minimiser l'énergie du matériau.

*D'autres essais*

Test 2 duration: 16  
Test 3 duration: 16  
Test 4 duration: 17  
Test 5 duration: 16

```
> 1 f(['o61', 'o101', 'o74', 'o15', 'o92']...['o104', 'o84', 'o53', 'o45', 'o44']) = 21
> 3 f(['o61', 'o101', 'o81', 'o15', 'o92']...['o55', 'o84', 'o51', 'o53', 'o104']) = 20
> 4 f(['o61', 'o63', 'o81', 'o15', 'o92']...['o55', 'o84', 'o51', 'o53', 'o104']) = 19
> 68 f(['o14', 'o53', 'o72', 'o81', 'o52']...['o41', 'o45', 'o43', 'o13', 'o104']) = 17
> 609 f(['o62', 'o32', 'o102', 'o12', 'o61']...['o11', 'o81', 'o101', 'o73', 'o103']) = 16
```

Solution: ['o62', 'o32', 'o102', 'o12', 'o61']...['o11', 'o81', 'o101', 'o73', 'o103']  
Test 1 duration: 16



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Patient 1
Competence 1	2	1			3	2		4		5				1	1	3	Patient 2
Competence 2	2		2	1	1	3	1	4	4	5				2		3	Patient 3
Competence 3	2			1	1	3		1		3		4	5	2	1		Patient 4
Competence 4	2	2	1	4	4	4		4		1	1	5		1			Patient 5
Competence 5	2	3	2			4			4	2	2	5	5	1	3		Patient 6
Competence 6		3			3	1	1	4	3	2	5	3	3	3	3		Patient 7
																	Patient 8
																	Patient 9
																	Patient 10

# 4.4 Algorithme Génétique

Inspirée de la **théorie de l'évolution** de Charles Darwin.

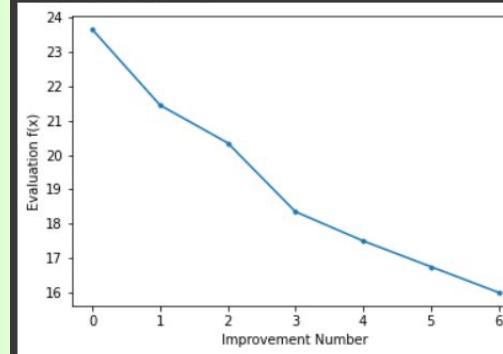
Chaque nouvelle génération est le produit des meilleures individus (les solutions) de la génération antérieure. Les parents font le mélange de leurs caractéristiques. La génération suivante naît ensuite avec une mutation (hasard).

*D'autres essais*

Test 2 duration: 14  
Test 3 duration: 14  
Test 4 duration: 14  
Test 5 duration: 17

```
Generation: 1 > Fitness calculation: 473 / Mean: 23.65
Generation: 2 > Fitness calculation: 429 / Mean: 21.45
Generation: 3 > Fitness calculation: 407 / Mean: 20.35
Generation: 4 > Fitness calculation: 367 / Mean: 18.35
Generation: 7 > Fitness calculation: 350 / Mean: 17.5
Generation: 8 > Fitness calculation: 335 / Mean: 16.75
Generation: 9 > Fitness calculation: 320 / Mean: 16.0
```

Solution: ['o62', 'o12', 'o103', 'o31', 'o82']...['o91', 'o103', 'o104', 'o43', 'o74']  
Test 1 duration: 16



# 4.5 Tabou

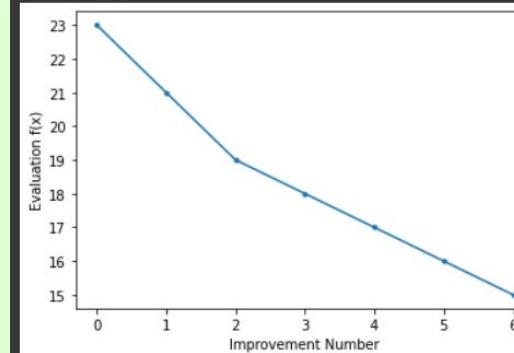
La méthode tabou est unique, dans la mesure où elle utilise une liste de mouvements “interdits”, afin d’empêcher le retour à une solution déjà visitée.

## D’autres essais

Test 2 duration: 17  
Test 3 duration: 17

```
Iteration: 1    > Score calculation: 23
Iteration: 2    > Score calculation: 21
Iteration: 3    > Score calculation: 19
Iteration: 4    > Score calculation: 18
Iteration: 5    > Score calculation: 17
Iteration: 6    > Score calculation: 16
Iteration: 7    > Score calculation: 15
```

```
Solution: ['012', '062', '083', '084', '0104']...['055', '041', '045', '022', '093']
Test 1 duration: 15
```



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Competence 1	2		3		1				3	1	1	2	4		5
Competence 2	2	3	1	1					3	2		1	4	4	5
Competence 3	3	1	3	1	1						1	4	2	5	2
Competence 4	2	4	4	4	1	5		2					4	1	1
Competence 5		1		3	2	5	5	2	2		2	3	4		
Competence 6	3	4		3	5	5			1	1	2	3	3	3	

Legend (Patient 1 to Patient 10):

- Patient 1: Magenta
- Patient 2: Cyan
- Patient 3: Green
- Patient 4: Red
- Patient 5: Blue
- Patient 6: Yellow
- Patient 7: Light Blue
- Patient 8: Orange
- Patient 9: Light Orange
- Patient 10: Dark Green

## 4.6 Combinaison des Méthodes

- Mélange des agents ordonnanceurs
- Pas forcément plus performante
- Minimisation des points faibles



GA score: 16  
GA + SA score: 16  
GA + SA + Tabu score: 15

# 4.7 Analyse des Performances

Temps pour trouver la meilleure solution

5.230e+44 possible orders for 38 operations



Mean execution time for operations: 0.02 seconds



Estimated total time for the 5.230e+44 possible orders: 3.262e+35 years

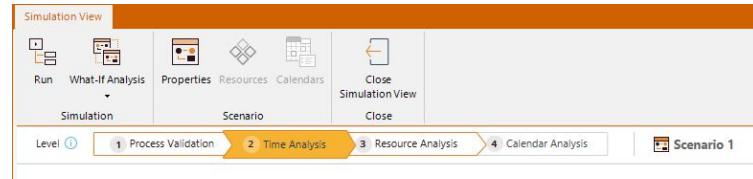
23812172826772691558072320 times the age of the universe

Temps pour trouver une solution optimisée

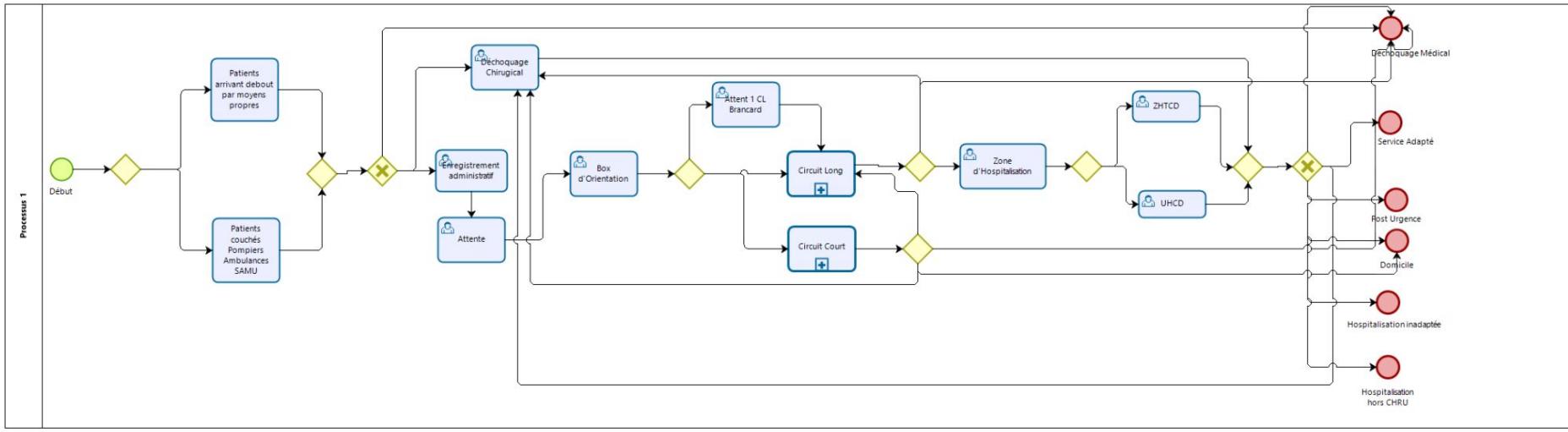
Rebut simulé : 30.24 seconds  
Algorithme génétique : 45.23 seconds  
Tabou : 145.18 seconds

# 5. Modélisation Workflow

- La notion du Workflow
- Pourquoi le Workflow?



# 5.1 Diagramme du parcours du patient au SUA

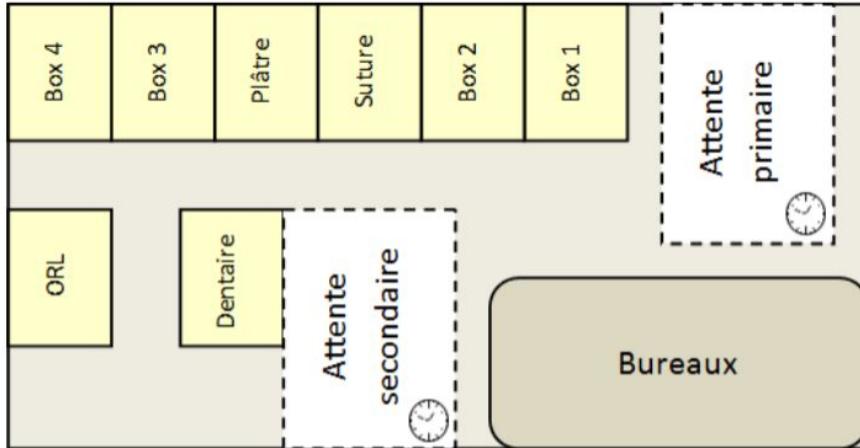


Selon le fichier « Le parcours patient au Services d'Urgences Adulte ».  
310 patients par jour.

# Tableau récapitulatif des effectifs

Activité	Bureau d'enregistrement	Attente ZAO	Box d'orientation	Attente couloir CL	Circuit court	Circuit long	Déchocage chirurgical	Bloc opératoire	UHCD	ZHTCD
Temps moyen	3 min 35	3 min 58	3 min 13	27 min 45	2 h 11 min 12	3 h 47 min 40	2 h 58 min 58	2 h 14 min 14	14h	3 h
Ressources humaines	Agents administratifs	Brancardiers <sup>10</sup>	IDE Agent administratif	IDE Service civique Brancardiers	IDE Aides-soignants Externe Internes	IDE Aides-soignants Internes Externes Médecins	IDE Aides-soignants Médecin Interne	IDE Aides-soignants Médecins Internes	2 Médecins 1 Interne 2 Aides-soignants	1 Médecin 2 Internes 2 Aides-soignants
Calendrier	3 Matin 4 Après-midi 1 Nuit	1 Journée 2 Matin 2 Après-midi	IDE : 2 Matin 2 Après-midi 2 Nuit  Agent administratif : 1 Matin 1 Après-midi 1 Nuit	IDE : 1 dès 15h  Service civique: 2 de 12h à 20h  Brancardiers : 2 Journée 2 Matin 2 Après-midi	De 8h à 23h : 1 IDE 1 AS 1 Externe 2 Internes  Interne dentaire : 1 de 18h à 23	Journée : 5 IDE 4 AS 4 Internes 4 Externes 4 Médecins  Nuit : 5 IDE 4 AS 4 Internes 4 Externes 2 Médecins	Journée : 1 Médecin 1 Interne  IDE : 5 Matin 5 Après-midi 5 Nuit  Aides-soignants : 4 Matin 3 Après-midi 2 Nuit	Journée : 5 Médecins 3 Internes  IDE : 1 Journée 2 Matin 3 Après-midi 2 Nuit  Aides-soignants : 1 Journée 2 Matin 2 Après-midi 2 Nuit	Journée	Journée

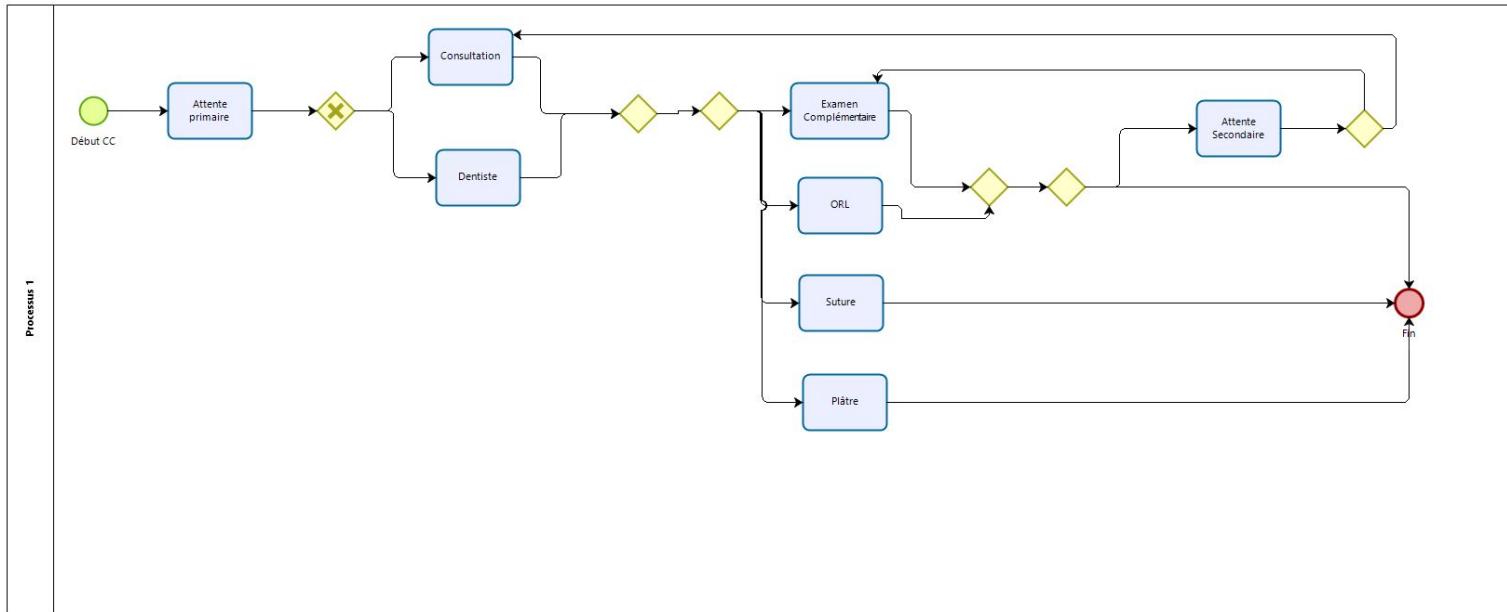
## 5.2 Le Circuit Court



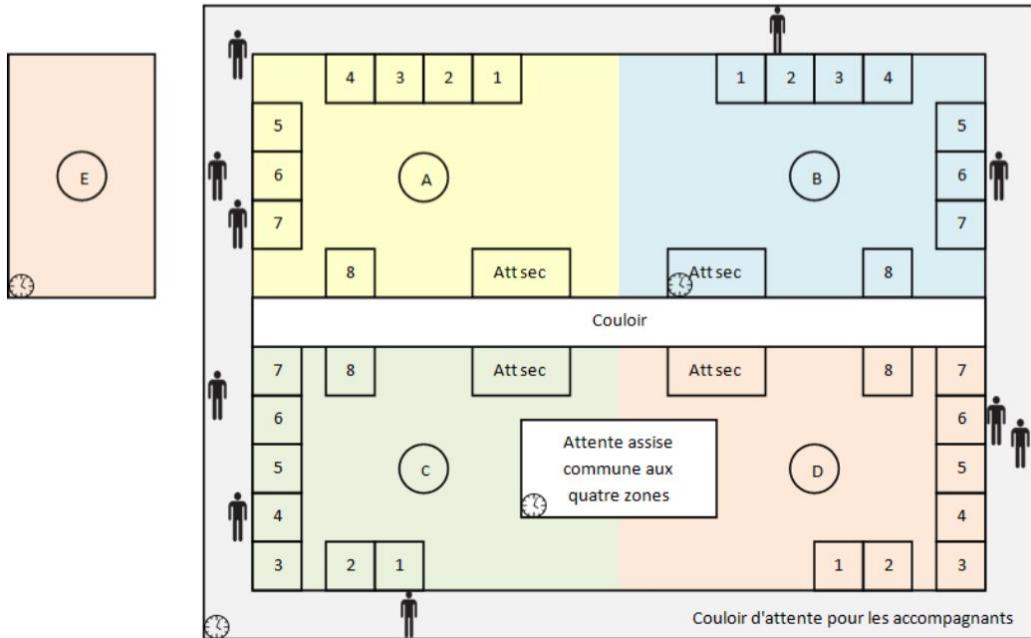
- Ouvert de 8h à 23h
- Personnes autonomes
- Non brancardées
- État lésionnel stable

⇒ C'est largement **le circuit le plus emprunté**

# Diagramme du Circuit Court

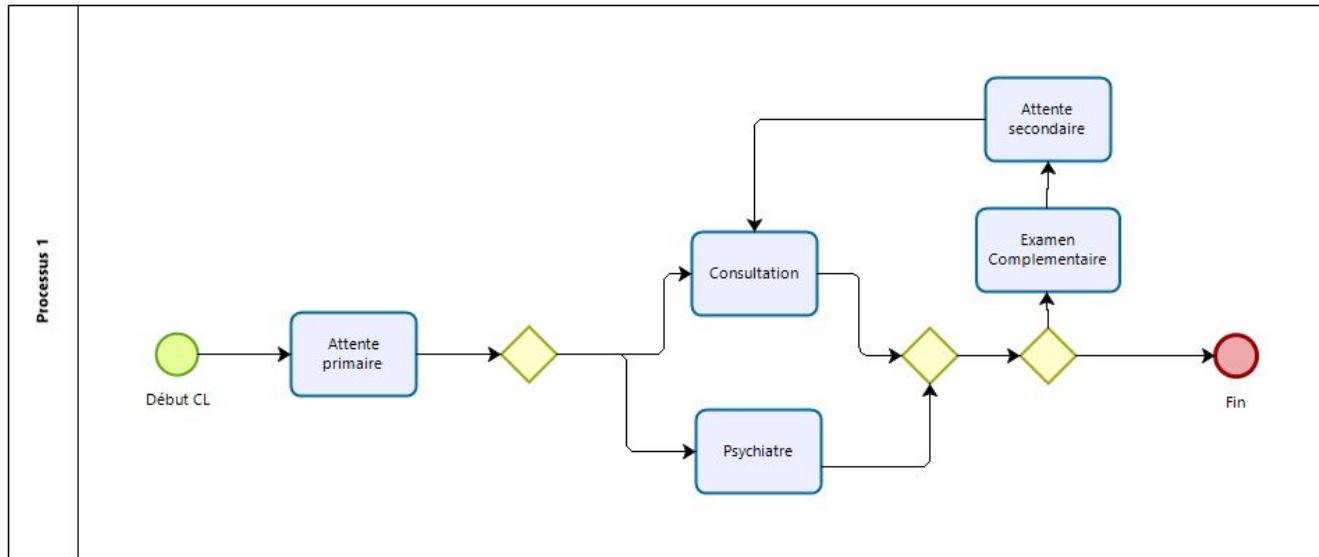


## 5.3 Le Circuit Long



- Ouvert 24h/7j
- Personnes âgées (> 70 ans)
- Brancardées
- État lésionnel moins stable

# Diagramme du Circuit Long

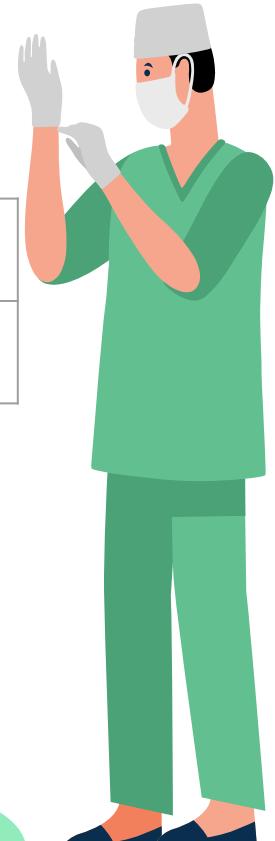


# Base de données de suivis patients

Circuit	Patient	Amont passage SUA	Heure arrivée	Motif de consultation	Enregistrement administratif	Attente ZAO	Box orientation	Consultation	Attente primaire	Avis	Transmission diagnostic	Attente secondaire	Examen complémentaire	Heure sortie	Durée passage C/C/CL	Durée passage SUA	Aval passage SUA
CC	P05_02_01	Propres moyens, Domicile	8:06:00	Abcès région pubienne	0:03:00	0:02:00	0:05:00	0:23:00	0:10:00	0:03:00	1:07:00	0:01:00	10:00:00	RAD	1:54:00	1:44:00	
CC	P05_02_02	Propres moyens, Domicile	8:28:00	Suspicion eczéma yeux, venue pour réévaluation	0:02:00	0:03:00	0:02:00	0:21:00	0:06:00		4:09:00	0:00:00	13:15:00	RAD	4:47:00	4:40:00	
CC	P05_02_03	Propres moyens, Domicile	9:16:00	Otalgies	0:04:00	0:04:00	0:02:00	0:06:00	0:13:00		0:14:00	0:01:00	10:01:00	RAD	0:45:00	0:35:00	
CC	P05_02_04	Propres moyens, Domicile	9:37:00	Zona et grosseur au bras	0:03:00	0:03:00	0:05:00	0:14:00	0:17:00		0:16:00	0:01:00	10:38:00	RAD	1:01:00	0:50:00	
CC	P05_02_05	Propres moyens, Travail, MT fermé	9:57:00	Lumbago	0:03:00	0:03:00	0:06:00	0:35:00	0:07:00		0:18:00	0:01:00	11:10:00	RAD	1:13:00	1:01:00	
CC	P05_02_06	Propres moyens, Domicile	10:01:00	Abcès récidivant région pubienne	0:03:00	0:09:00	0:04:00	1:01:00	0:07:00		0:33:00	0:02:00	12:00:00	RAD	1:59:00	1:43:00	
CC	P05_02_07	Propres moyens, Transfert CH	11:31:00	Cellulite dentaire, abcès à deux dents	0:04:00	0:06:00	0:02:00	0:33:00	0:17:00	Avis 0:02:00	0:52:00	0:03:00	13:35:00	RAD	2:04:00	1:52:00	
CC	P05_02_10	Propres moyens, Domicile	13:32:00	Dysphagie depuis cinq jours	0:03:00	0:05:00	0:02:00	0:34:00	0:15:00		0:37:00	0:02:00	15:15:00	RAD	1:43:00	1:33:00	
CC	P05_02_11	Propres moyens, Domicile	13:57:00	Suspicion corps étranger doigt depuis 2 mois	0:03:00	0:09:00	0:02:00	1:05:00	0:11:00	Radio 0:45:00	0:19:00	0:02:00	16:33:00	RAD	2:36:00	2:22:00	
	P05_09_01	Propres moyens, Domicile, Suite consultation MT	8:58:00	Kyste sébacé scrotum	0:05:00	0:02:00	0:02:00	0:02:00	0:04:00	Avis 0:04:00 Avis 0:06:00 0:35:00 2:14:00	0:54:00 0:04:00 0:00:00 17:29:00	RAD	8:31:00	5:12:00			

## 5.4 Résumé Time Analysis

Temps moyen passage SUA (Workflow)	3h 2m 40s
Temps moyen passage SUA (Base de données)	2h 57m



## 5.5 Résumé Resources Analysis

Ressource	Utilisation
Agent administratif	65.8 %
Brancardier	2.15 %
IDE	80.96 %
Service civique	2.43 %
Aide-soignant	78.61 %
Interne	40.11 %
Externe	56.98 %
Médecin	49.43 %
Interne dentaire	10.20 %

## 5.6 Perspectives d'amélioration

Selon la base de données, **43%** des patients des urgences arrivent le **matin**, **19%** l'après-midi et **38%** la **nuit**.

Par conséquent, **une amélioration consisterait à modifier l'affectation du personnel pendant la journée** afin que davantage de personnes soient disponibles le matin et la nuit.



⇒ Répartir plus de personnel le matin et la nuit

**71,5%** des patients nécessitant une consultation sont affectés au **circuit court** et **28,5%** au circuit long.

Il serait donc intéressant que le circuit court dispose de plus de ressources humaines (médecins, infirmières, etc.) et de plus de ressources physiques (salles de consultation).

⇒ Affecter plus de ressources humaines & physique au circuit court

# 6. IoT & Santé

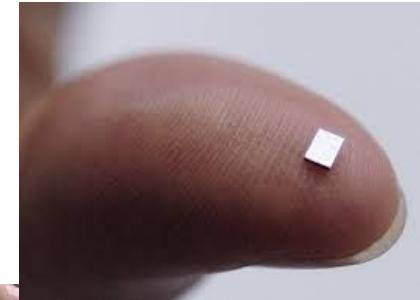
## L'exemple du RFID dans la santé

### Logistique et gestion de stock

- Traçabilité des tissus organiques, poches de sang, médicaments
- Suivre l'état des outils et composants
- Connaître la localisation du matériel

### Identification des patients

- Pendant un séjour médical
- Pour avoir des informations sur le patient en cas d'urgence



# 7. Conclusion



- Application concrète de l'IA et des analyses statistiques
- Meilleur compréhension du monde hospitalier grâce aux différents intervenants tout au long de l'électif

IOT

Modélisation  
workflow

Optimisation  
d'ordonnancement  
des tâches

Analyse de  
données

Merci !



# References

## Analyse de données

- <https://pandas.pydata.org/docs/>
- <https://scikit-learn.org/stable/modules/classes.html>
- Cours IAS

## Problèmes NP-Complet, Méthodes météahuristiques, Systèmes multi-agents

- <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02829218>
- <http://www.scholarpedia.org/article/Metaheuristics>
- <https://machinelearningmastery.com/simple-genetic-algorithm-from-scratch-in-python/>
- <https://towardsdatascience.com/genetic-algorithm-implementation-in-python-5ab67bb124a6>
- <https://algodaily.com/lessons/introduction-to-genetic-algorithms-in-python>
- <https://medium.com/swlh/tabu-search-in-python-3199c44d44f1>
- <https://smartmobilityalgorithms.github.io/book/content/TrajectoryAlgorithms/TabuSearch.html>
- <https://machinelearningmastery.com/simulated-annealing-from-scratch-in-python/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=eBmU1ONJ-os&t=582s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=l25LUoTWRVE&t=15s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=uQj5UNhCPuo&t=21s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=u4sMcDT5XS4&t=342s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=eekow29FSoc&t=16s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=s7i-TZvlyWQ&t=4s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PDrAsw3UIIA&t=121s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ocp3OdOvrZM>
- Cours IAS