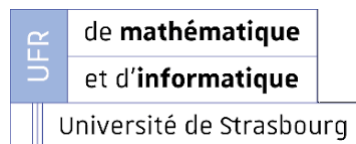


# RAPPORT DE TP

« Vaccinodrome »

Date de rendu : 15/12/2021

Matthieu FREITAG



UFR Math-Info - Université de Strasbourg

3<sup>ème</sup> année de Licence Informatique

Architecture des systèmes d'exploitation

<https://github.com/Zapharaos/Vaccinodrome>

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Structure de données</b>	<b>3</b>
2.1	Structures de données partagées . . . . .	3
2.2	Structures de données non partagées . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Synchronisations</b>	<b>4</b>
3.1	Arrivée d'un patient . . . . .	4
3.2	Arrivée d'un médecin . . . . .	4
3.3	Interactions entre patients et médecins . . . . .	5
3.4	Fermeture du vaccinodrome . . . . .	6
3.5	Patients après fermeture . . . . .	6
3.6	Médecins après fermeture . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Remarques sur l'implémentation</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Remarques sur les jeux de tests</b>	<b>9</b>
5.1	Machine personnelle . . . . .	9
5.2	Turing . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>10</b>

# 1 Introduction

L'Organisation Mondiale de la Santé signale l'arrivée prochaine du Covid-23 avec un risque de pandémie interplanétaire. La société Covid Corp Inc., chargée de la vaccination par le gouvernement nouvellement nommé de la planète Terre, doit simuler la mise en place de vaccinodromes. Malheureusement, les sources des programmes de simulation des vaccinodromes de la précédente pandémie, le Covid-19, ont été perdus derrière une pile de masques.

On se propose donc, pour palier à cette perte, d'étudier et de réaliser l'implémentation en langage C d'une simulation des vaccinodromes. Pour ce faire, on se servira de la mémoire partagée, d'une implémentation pré-faite des semaphores et d'un ensemble de jeux de tests préfourni.

On implémentera `ouvrir.c` pour initialiser la mémoire partagée et ouvrir un vaccinodrome, `fermer.c` pour signaler la fermeture du vaccinodrome avant d'attendre le départ des protagonistes et de nettoyer la mémoire partagée. On se servira également de `nettoyer.c` pour nettoyer la mémoire partagée et de `patient.c` (respectivement `médecin.c`) pour simuler un patient (respectivement médecin).

## 2 Structure de données

### 2.1 Structures de données partagées

La structure principale où se trouve ma mémoire partagée est `vaccinodrome_t` :

Champ	Type	Init	Description
n	int	–	le nombre de sieges
m	int	–	le nombre de box
t	useconds_t	–	la duree d'une vaccination (en millisecondes)
status	vac_status_t	OUVERT	le statut du vaccinodrome (cf. documentation de <code>vac_status_t</code> )
med_count	int	0	le nombre de medecin dans le vaccinodrome
pat_count	int	0	le nombre de patient dans le vaccinodrome
salle_count	int	0	le nombre de patient dans la salle d'attente
vide	asem_t	0	sémaphore pour indiquer que le vaccinodrome est vide
pat_vide	asem_t	0	sémaphore pour indiquer qu'il ne reste aucun patient aux medecins
fermer	asem_t	1	sémaphore pour indiquer qu'il ne reste aucun patients à fermer
salle_m	asem_t	0	sémaphore pour simuler la salle d'attente (côté medecin)
salle_p	asem_t	n	sémaphore pour simuler la salle d'attente (côté patient)
edit_salle	asem_t	1	sémaphore pour les sections critiques communes
medecin	asem_t	1	sémaphore pour les sections critiques des medecins
patient	patient_t []	–	tableau de taille n*m pour simuler les patients en salle d'attente et dans les box des medecins

La structure `vaccinodrome_t` fait appel à l'énumération `vac_status_t` :

Champ	Valeur	Description
FERME	0	le vaccinodrome est fermé
OUVERT	1	le vaccinodrome est ouvert

La structure `vaccinodrome_t` fait également appel à un tableau de structures `patient_t` :

Champ	Type	Init	Description
status	pat_status_t	LIBRE	le statut du patient (cf. documentation de <code>pat_status_t</code> )
nom	char []	–	le nom du patient
id_medecin	int	–	l'id du medecin qui traite le patient
s_patient	asem_t	0	sémaphore pour indiquer que le patient doit attendre
s_medecin	asem_t	0	sémaphore pour indiquer que le medecin doit attendre

La structure `patient_t` fait appel à l'énumération `pat_status_t` :

Champ	Valeur	Description
LIBRE	0	la place est libre
OCCUPE	1	la place est occupée
TRAITEMENT	2	la place est un box et le patient s'y fait vacciner

### 2.2 Structures de données non partagées

L'implémentation pour laquelle je me suis décidé n'implique pas d'utiliser des données non partagées. Chaque variable ou structure de données utilisée est accessible via la mémoire partagée, mis à part deux variables dont je me sers pour stocker les identifiants des medecins et des patients. J'estime que les détailler ici ne serait pas pertinent étant donné que leur utilisation est triviale.

## 3 Synchronisations

### 3.1 Arrivée d'un patient

Le patient est le seul à intéragir ici.

Champ	Type	Description
salle_p	asem_t	sémaphore représentant la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
status	vac_status_t	le status actuel de vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
salle_count	int	nombre de patients dans la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
pat_count	int	nombre de patients dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
n	int	nombre de sièges (voir vaccinodrome_t)
m	int	nombre de médecins (voir vaccinodrome_t)
patient	patient_t []	tableau de taille n*m pour simuler la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
id_patient	int	indentifiant du patient (variable locale pour chaque patient)

```
P (salle_p)
SI status == FERME ALORS fin du patient FINSI
incrémenter_compteurs() // salle_count et pat_count
installation(patient, n+m) // trouver un siege libre et s'installe
// interactions avec les médecins
V (salle_p)
```

Le patient arrive et attend qu'une place se libère dans la salle d'attente. Si le vaccinodrome est fermé, le patient repart. Sinon, il incrémente les compteurs qui correspondent au nombre de patients. Lors de son installation, le patient parcourt le tableau `patient` de taille `n+m` jusqu'à trouver un siège libre, s'y installe et y renseigne ses informations. Il y aura forcément au moins une place de libre car le sémaphore `salle_p` a été passé. Après son installation, le patient prévient les médecins de son installation et attend qu'un médecin vienne le chercher.

`incrémenter_compteurs()` est dans une section critique car les compteurs sont communs à tous. De la même manière, `installation()` est également dans une section critique car la liste des places est commune à tous. Les interactions entre le patient et les médecins ne seront pas détaillées ici, mais elles le seront plus tard.

### 3.2 Arrivée d'un médecin

Le médecin est le seul à intéragir ici.

Champ	Type	Description
status	vac_status_t	le status actuel de vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
med_count	int	nombre de médecins dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
m	int	nombre de médecins (voir vaccinodrome_t)
id_m	int	indentifiant du médecin (variable locale pour chaque médecin)
salle_m	asem_t	sémaphore représentant la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
salle_count	int	nombre de patient dans la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)

```
SI status == FERME ALORS fin du médecin FINSI
SI m == med_count ALORS fin du médecin FINSI // trop de médecins
incrémenter() // med_count
TANTQUE VRAI
    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
    P (salle_m) // patient ou fermer
    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
    // interactions avec les patients
FIN TANTQUE
```

Le médecin arrive et vérifie le statut du vaccinodrome, s'il est fermé il repart, s'il est ouvert il vérifie combien de médecins sont déjà présent et agit en fonction. S'il y a autant de médecins que de box, il repart, sinon il récupère son identifiant de médecin et incrémente le compteur puis il entre dans la boucle.

A l'intérieur de cette boucle, il vérifie si le vaccinodrome ne s'est pas fermé entre temps et que le nombre de patients dans la salle d'attente n'est pas nul, si oui il repart. Sinon, il attend avec le sémaphore `salle_m`. Il se peut qu'aucun patient n'entre et donc que le médecin attende de manière infinie. C'est pourquoi `fermer.c`

peut débloquent les médecins. Auquel cas, le médecin le détecte avec la condition suivante : si le vaccinodrome est fermé et que le nombre de patients dans la salle d'attente est nul alors il peut partir. Sinon, c'est qu'un patient est entré dans la salle d'attente et le médecin va le traiter.

`incrémenter()` récupère l'identifiant du médecin et incrémente le compteur `med_count`. Ce qui se trouve avant la boucle `TANTQUE` est dans une section critique car les variables utilisées sont communes entre les médecins. Les interactions entre le médecin et les patients ne seront pas détaillées ici, mais elles le seront plus tard.

### 3.3 Interactions entre patients et médecins

J'ai décidé d'implémenter la deuxième option : le médecin trouve un patient dans la salle d'attente.

Médecin lors de l'interaction avec un patient :

Champ	Type	Description
<code>status</code>	<code>vac_status_t</code>	le status actuel de vaccinodrome (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>salle_count</code>	<code>int</code>	nombre de patient dans la salle d'attente (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>salle_m</code>	<code>asem_t</code>	sémaphore représentant la salle d'attente (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>n</code>	<code>int</code>	nombre de sièges (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>m</code>	<code>int</code>	nombre de médecins (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>patient</code>	<code>patient_t []</code>	tableau de taille <code>n*m</code> pour simuler la salle d'attente (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>patient.status</code>	<code>pat_status_t</code>	statut du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.id_medecin</code>	<code>int</code>	medecin du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.s_patient</code>	<code>asem_t</code>	semaphore attente du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.s_medecin</code>	<code>asem_t</code>	semaphore attente du médecin <code>patient_t</code> )
<code>id_p</code>	<code>int</code>	variable locale pour identifier le patient sélectionné

`TANTQUE VRAI`

```

    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
    P (salle_m) // patient ou fermer
    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
    id_p = trouver_patient()
    V (patient[id_p].s_patient) // convoque patient
    P (patient[id_p].s_medecin) // attend arrive du patient
    vaccination()
    V (patient[id_p].s_patient) // libere le patient

```

`FIN TANTQUE`

Patient lors de l'interaction avec le médecin :

Champ	Type	Description
<code>salle_p</code>	<code>asem_t</code>	sémaphore représentant la salle d'attente (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>patient</code>	<code>patient_t []</code>	tableau de taille <code>n*m</code> pour simuler la salle d'attente (voir <code>vaccinodrome_t</code> )
<code>patient.nom</code>	<code>char[]</code>	le nom du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.id_medecin</code>	<code>int</code>	medecin du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.s_patient</code>	<code>asem_t</code>	semaphore attente du patient <code>patient_t</code> )
<code>patient.s_medecin</code>	<code>asem_t</code>	semaphore attente du médecin <code>patient_t</code> )
<code>id_patient</code>	<code>int</code>	variable locale pour identifier le siège sélectionné

```

P (patient[id_patient].s_patient) // attend arrive du medecin
V (salle_p) // libere place salle d'attente
afficher_medecin()
V (patient[id_patient].s_medecin) // previent medecin de son arrive dans le box
P (patient[id_patient].s_patient) // attend la fin de la vaccination

```

Pour cela, le médecin attend qu'un patient entre dans la salle d'attente puis il parcourt le tableau `patient` jusqu'à trouver un siège OCCUPE. Il y en aura forcément un étant donné que le sémaphore a été débloquent. Puis le médecin change le statut du patient à `TRAITEMENT` et y insère son identifiant de médecin. Ensuite, le médecin affiche le nom du patient, il prévient ce même patient qui se trouve dans la salle d'attente et l'attend dans son box (il n'y a pas de structure `box` à proprement parler mais c'est un moyen pour mieux décrire l'implémentation).

Comme indiqué précédemment, après être entré dans le vaccinodrome, le patient s'installe dans la salle d'attente et attend qu'un médecin vienne le chercher. Lorsque le patient est convoqué par le médecin, il affiche l'identifiant du médecin, le rejoint dans son box et attend la fin du processus de vaccination avant de quitter la vaccinodrome.

Après que le patient ait rejoint le médecin dans son box, le médecin va démarrer le processus de vaccination (usleep dans notre cas) avant de libérer le patient et attendre l'arrivée d'un nouveau patient. Il se peut qu'aucun autre patient arrive, auquel cas le médecin sera débloqué par la fermeture.

### 3.4 Fermeture du vaccinodrome

La fermeture est le seul programme à intéragir ici.

Champ	Type	Description
status	vac_status_t	le status actuel de vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
salle_m	asem_t	sémaphore représentant la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
med_count	int	nombre de médecins dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
m	int	nombre de médecins (voir vaccinodrome_t)
vide	asem_t	sémaphore indique si le vaccinodrome est vide (voir vaccinodrome_t)

```
status = FERME
Si pat_count > 0 ALORS P (fermer) FINSI
SI med_count > 0 ALORS
    LOOP : 0 à m
        V (salle_m)
    FIN LOOP
    SI med_count != 0 ALORS P(vide) FINSI
FINSI
clean_file()
```

Lors du lancement de `fermer.c`, il faut d'abord annoncer la fermeture du vaccinodrome. Ensuite, il faut attendre que tous les patients aient quitté le vaccinodrome puis attendre que le vaccinodrome soit vide.

C'est pourquoi on vérifiera s'il reste un nombre positif de patients. S'il en reste, on attendra qu'il n'en reste aucun. Sinon, on vérifiera s'il reste un nombre positif de médecins dans le vaccinodrome. S'il ne reste aucun médecin, on peut quitter normalement. Sinon, cela signifie peut-être que des médecins sont bloqués dans une attente infinie et `fermer.c` va les débloquent via le semaphore dans `LOOP`. Après cette boucle, si le nombre de médecins est différent de 0 on attend qu'ils se terminent (ce qui arrivera forcément puisqu'on vient de les débloquent) puis on peut quitter normalement.

### 3.5 Patients après fermeture

Le patient est le seul à intéragir ici.

Champ	Type	Description
pat_count	int	nombre de patients dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
status	vac_status_t	le status actuel de vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
pat_vide	asem_t	sémaphore pour indiquer qu'il ne reste aucun patient (voir vaccinodrome_t)

```
pat_count = pat_count - 1
SI status == FERME ET pat_count = 0 ALORS
    V (pat_vide)
    V (fermer)
FINSI
```

A partir du moment où un patient est installé dans la salle d'attente, il doit obligatoirement quitter la vaccinodrome en étant vacciné. Ainsi, seul la fin diffère du déroulement classique puisque après avoir décrementé le nombre de patient total dans le vaccinodrome, s'il s'avère que le patient était le dernier à quitter le vaccinodrome et que le vaccinodrome est fermé, il doit prévenir les médecins qu'il ne reste plus aucun patient et qu'ils peuvent, à leur tour, quitter le vaccinodrome. Il prévient également `fermer.c` pour lui permettre de, peut-être, débloquent des médecins.

### 3.6 Médecins après fermeture

Le médecin est le seul à int  rargir ici.

Champ	Type	Description
salle_m	asem_t	sémaphore représentant la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
status	vac_status_t	le status actuel de vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
salle_count	int	nombre de patient dans la salle d'attente (voir vaccinodrome_t)
pat_count	int	nombre de patients dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
pat_vide	asem_t	sémaphore pour indiquer qu'il ne reste aucun patient (voir vaccinodrome_t)
med_count	int	nombre de médecins dans le vaccinodrome (voir vaccinodrome_t)
vide	asem_t	sémaphore pour indiquer que le vaccinodrome est vide (voir vaccinodrome_t)

```
TANTQUE VRAI
```

```
    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
```

```
    P (salle_m) // patient ou fermer
```

```
    SI status == FERME ET salle_count = 0 ALORS fin du médecin FINSI
```

```
    traiter_patient()
```

```
FIN TANTQUE
```

```
SI pat_count == 0 ALORS V (pat_vide) FINSI
```

```
med_count = med_count - 1
```

```
P (pat_vide)
```

```
SI med_count == 0 ALORS V (vide) FINSI
```

Après la fermeture, les médecins continuent de traiter les patients qui étaient déjà dans l'enceinte du vaccinodrome avant la fermeture. Ainsi, tant qu'il y a des patients dans la salle d'attente, le médecin passe le sémaphore `salle_m` et traite un patient.

Or, s'il n'y a plus de patients, le sémaphore est bloquant et les médecins ne peuvent pas finir. C'est ici que `fermer.c` intervient, je ne vais pas revenir sur son fonctionnement ici mais `fermer.c` permet de débloquer les médecins. En toute logique, quand `fermer.c` débloque les médecins, il modifie également le statut du vaccinodrome, il ne reste plus de patient dans la salle d'attente et donc le médecin sort de la boucle `TANTQUE`.

Après cela, s'il reste encore des patients (en cours de vaccination, et non dans la salle d'attente), les médecins doivent attendre. Une fois que le dernier patient a quitté le vaccinodrome, les médecins peuvent également quitter le vaccinodrome et décrémentent le compteur. Ainsi, le dernier médecin à quitter le vaccinodrome prévient `fermer.c` qu'il peut nettoyer le vaccinodrome.



## 4 Remarques sur l'implémentation

Tous les accès ou modifications effectuées concernant la mémoire partagée sont encadrés dans des sections critiques, sauf oubli de ma part ou exception, qui sera à ce moment là précisée dans les commentaires.

En ce qui concerne le choix d'un siège pour le patient et le choix d'un patient pour le médecin, j'exécute une boucle `FOR` qui itère dans mon tableau jusqu'à trouver le statut recherché. J'admet que ça n'est pas réaliste puisque ce sont toujours les premières cases du tableau qui sont utilisées. Pour palier à ce problème, on pourrait implémenter une file mais je n'ai pas souhaité l'implémenter par soucis de simplicité.

Concernant mon tableau `patient` et sa taille  $n+m$ . Je me suis décidé pour cette implémentation car d'après moi, j'aurai de toute manière été obligé d'utiliser deux tableaux, un de taille  $n$  pour représenter les sièges du vaccinodrome et un autre de taille  $m$  pour représenter les boîtes des médecins. Or, cette implémentation ne m'a pas enchanté et j'ai jugé qu'utiliser un tableau de taille  $n+m$  serait plus optimal.

En effet, il y a au maximum  $n+m$  patients à l'intérieur du vaccinodrome. Ainsi, j'utilise l'énumération (voir 2.1) pour spécifier quel statut je souhaite que chaque case de mon tableau ait. En combinant cela à mes compteurs, je suis assuré de ne jamais modifier une case de manière involontaire. De plus, utiliser un tableau me garantit un accès rapide aux cases souhaitées et lorsqu'un patient quitte le vaccinodrome, il me suffit de modifier le statut de la case jusqu'à ce qu'un nouveau patient vienne remplacer les données. Le médecin ira de lui-même s'inscrire comme étant le médecin d'un patient et, de ce fait, il aura accès aux sémaphores ce qui assure une communication simple entre les deux protagonistes.

La fermeture telle que je la vois fonctionne de la manière suivante : avant de nettoyer la mémoire partagée, il faut attendre que le vaccinodrome soit vide, c'est à dire qu'il ne doit rester aucun médecin, ni patient. De la même manière, les médecins ne peuvent quitter le vaccinodrome uniquement lorsqu'il n'y a plus de patients dans le vaccinodrome.

C'est pour cela que, dans ma fermeture, je vérifie d'abord qu'il ne reste aucun patient (s'il en reste, j'attends) avant de vérifier qu'il ne reste aucun médecin (s'il en reste, je dois les débloquent, puis j'attends).

Les médecins, eux, bouclent tant que le vaccinodrome est ouvert ou qu'il reste des patients à traiter, mais une fois que le dernier patient a été traité, ils attendent indéfiniment jusqu'à ce que la fermeture les débloquent. Ensuite, ils vérifient qu'il ne reste aucun patient (s'il en reste, ils attendent) puis le dernier médecin autorise la fermeture à procéder au nettoyage du vaccinodrome.

Ainsi, lorsque le dernier patient quitte le vaccinodrome, il débloquent la fermeture et les médecins qui attendaient que tous les patients aient quitté le vaccinodrome.

En revanche, je ne suis pas certain que l'attente des patients par les médecins soit utilisée, mais je laisse tout de même la gestion de ce cas dans mon code.

## 5 Remarques sur les jeux de tests

J'ai ajouté la commande `make long` dans le `makefile` qui permet de lancer un nombre prédéfini de fois `make test`. Le test est vraiment long à exécuter puisque j'ai attendu 45 minutes pour 100 tests.

### 5.1 Machine personnelle

Lors de l'exécution sur ma machine personnelle (WSL2), j'ai rencontré 22 erreurs sur 250 tests. C'était exclusivement aux tests 190 et 200 (onze fois chacun) :

```
test-190.sh
==> Échec du test 'test-190' sur 'Reste 0 patients non terminés sur 1 attendus à 9030 ms'.
==> Voir détails dans le fichier test-190.log
==> Exit
```

```
test-200.sh
==> Échec du test 'test-200' sur 'Reste 0 patients non terminés sur 1 attendus à 7830 ms'.
==> Voir détails dans le fichier test-200.log
==> Exit
```

### 5.2 Turing

En revanche, lors de l'exécution sur `turing` (qui est à privilégier j'imagine), je n'ai échoué qu'une seule fois sur 250 tests et c'était au test 110 avec l'erreur suivante :

```
test-110.sh
==> Échec du test 'test-110' sur 'fermer : /dev/shm pas dans l'état initial'.
==> Voir détails dans le fichier test-110.log
==> Exit
```

Concernant les erreurs aux tests 190 et 200, je ne les ai jamais rencontrés lors de l'exécution sur `turing` et je ne comprends pas trop d'où pourrait provenir mon erreur.

Je n'ai aucune idée d'où a pu provenir cette erreur au test 110 et je ne sais pas non plus comment y remédier. C'est la première fois qu'elle m'apparaît, j'espère que mon code n'est pas fautif et que c'est arrivé suite à l'exécution d'un programme par une autre personne sur le serveur `ssh`.

## 6 Conclusion

Je trouve que mon implémentation comporte beaucoup de sections critiques, peut-être trop. De ce fait, j'imagine que si la capacité d'accueil et la fréquentation du vaccinodrome venait à augmenter, on pourrait rencontrer des soucis de performances. Malheureusement, je ne sais pas comment y remédier, ni même si c'est possible.

J'ai notamment rencontré des difficultés lors de l'initialisation et de l'allocation de la mémoire partagée. C'était des erreurs plutôt absurde mais cela m'a demandé du temps afin de m'en rendre compte. J'ai également eu du mal à finaliser mon implémentation puisque j'avais tout simplement oublié d'implémenter la plupart des sections critiques ce qui me faisait régulièrement échouer certains tests.

J'imagine qu'il n'y a pas tellement de possibilités d'implémentation différente car la ligne directrice est assez claire, mais mon implémentation me semble tout de même être simple et logique à la fois et j'en suis plutôt fier. Notamment mes choix concernant la structure et le tableau de la mémoire partagée. En effet, le fait de m'être servi d'une unique structure avec un unique tableau pour représenter à la fois les sièges de la salle d'attente et les boxs des médecins me semble être optimal et je pense que cela facilite la communication entre un patient et son médecin. Après avoir conversé avec certains camarades qui eux ont utilisé plusieurs tableaux voir même plusieurs structures via des `mmap` différents, j'estime que mon implémentation n'est pas mauvaise.

Dans l'objectif d'une amélioration future, il faudrait commencer par apporter toutes les modifications que vous, en tant que correcteur, jugerez nécessaire. Ensuite, si c'est effectivement réalisable, il faudrait corriger la limite mentionnée au début de la conclusion. Il pourrait surtout être intéressant d'implémenter une version plus complète comme mentionnée lors de l'introduction : plusieurs vaccinodromes, des médecins et des patients identifiés via une base de données, l'implémentation d'un pass sanitaire, ... Pour accompagner une implémentation aussi importante et rendre ce projet plus réaliste, on pourrait également réaliser une version graphique.