

Sujet du cours Algorithmes et complexité

Projet “Supermarché” (2022)

Note : Le projet doit être rendu pour le 31 Mai 2022 **inclu**.

Note : Vous trouvez dans le moodle les instances pour tester vos algorithmes. Pour des doutes et/où des questions sur la partie algorithmes n’hésitez pas à m’adresser un email

Le problème Un Supermarché souhaite réaménager les horaires d’ouverture des caisses afin de retrouver un compromis efficace entre les coûts engagés et le niveau de service offert aux clients. Il nous faut donc un simulateur de son fonctionnement, basé sur la répartition spatiale des biens, sur le comportement des clients (issu des observations historiques) et sur des hypothèses alternatives d’horaires d’ouverture.

F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0
S75	S65	S55	S45	S35	S25	S15	S05
S74	S64	S54	S44	S34	S24	S14	S04
S73	S63	S53	S43	S33	S23	S13	S03
S72	S62	S52	S42	S32	S22	S12	S02
S71	S61	S51	S41	S31	S21	S11	S01
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	I

Figure 1: Structure du supermarché

La Figure 1 illustre la structure du supermarché, qui est plutôt standard. Elle est composée de:

- un entrée, indiqué avec le symbole I;
- huit allées, composées chacune de 5 étagères indiquées par des abréviations progressives : l’abréviation S_{ij} associée à chaque étagère définit:
 - l’allée avec le numéro progressive i , qui augmente de 0 à 7 en fonction d’éloignement de l’entrée;
 - l’étagère avec le numéro progressive j , qui augmente de 1 à 5 à partir de l’entrée vers le fond du magasin;
- un couloir final, qui permet à chaque allée d’arriver à un point précis spécifié dans la figure avec le symbole F_i , où i est l’indice de l’allée;
- un couloir initial, qui permet à chaque allée d’arriver à un point précis spécifié de 1 à 7 qui correspond à une caisse, indiqué avec le symbole C_i ; le couloir permet de bouger d’une caisse à l’autre mais on ne peut pas arriver à l’allée 0;

- une sortie apres les caisses.

Le client peuvent entrèr dans le supermarket dans l'entrèe et ils peuvent se dèplacer dans le supermarchè comme indiquè de suite:

- de l'entrèe au etager **S01** ou vice versa, en 5 seconds;
- de un ètagère au prècèdent ou au suivant dans la mème allè, en 10 seconds;
- de le dernier ètagère de chaque allè (**Si5**, pour **i** de 0 à 7) à la fin de l'allè dans le couloir final (**Fi**, pour **i** de 0 à 7) ou vice versa, en 5 seconds;
- du fond d'une allée (**Fi**) à la precedente ou à la successive, en 7 seconds;
- du le premier ètagère de chaque allée (**Si1**, pour **i** de 1 à 7) à la caisse associée (**Ci**, pour **i** de 1 à 7) ou vice versa, en 5 seconds
- d'une caisse (**Ci**) à la prècèdente ou à la suivante, en 8 seconds.

La simulation du comportement des clients fournit pour chacun

- une heure d'entrèe, mesurée en secondes depuis l'ouverture du supermarchè
- une liste de biens à acheter, composée de leur numéro suivi des symboles de ètagères où ils se trouvent.

Le client est censé se dèplacer exactement en suivant la liste, mème si cela signifie faire le tour du Supermarchè de manière stupide. Parmi les différents itinèraires possibles pour passer d'un ètagère à l'autre, cependant, le client choisit toujours la plus courte. Chaque article prend 15 secondes pour ètre collecté. Récupérant le dernier article, le client se rend à la caisse ouverte la plus proche et fait la queue (par simplicité, il ne choisit pas la caisse en fonction de la longueur de la file d'attente). En cas d'ègale distance, choisit la caisse la plus proche de l'entrèe (c'est-à-dire celle avec l'indice minimum sur la figure).

Un intervalle d'ouverture est défini pour chaque caisse, décrit par les heures d'ouverture et l'heure de fermeture, mesurée en secondes depuis l'ouverture du supermarchè. Le client dans la file d'attente met ses achats sur le tapis et le caissier s'en débarrasse en 5 secondes pour chaque objet. Une fois terminé, le client sort. Pour la simplicité, le paiement et la sortie ils sont considérés comme instantanés.

Le projet Le simulateur à créer est constitué d'un programme qui reçoit deux fichiers texte. Le premier fichier renseigne sur les intervalles d'ouverture des caisses. Chaque ligne fait référence à un cas et contient une chaîne d'identification (un seul mot de au plus 10 caractères), l'heure d'ouverture et l'heure de fermeture (chiffres entiers). En général, les chaînes d'identifiant ne sont pas dans l'ordre alphabétique, mais les caisses sont présentées par ordre croissant de distance par rapport à l'entrèe.

Par exemple:

```
C1 0 14400
C2 0 8000
C3 2000 10000
C4 6000 9000
C5 6000 9000
C6 7200 14400
C7 7200 14400
```

indique que les caisses **C1** et **C2** ouvrent à l'ouverture du Supermarchè et ils clôturent à 14400 et 8000 secondes plus tard. La caisse **C3** s'ouvre 2000 secondes après

l'ouverture du Supermarché et ferme 10 000 secondes plus tard. Les caisses C4 et C5 s'ouvrent 6 000 secondes et se ferment 9 000 secondes après l'ouverture du Supermarché. Enfin, les caisses C6 et C7 ouvrent 7 200 secondes et ferment 14 400 secondes après l'ouverture du Supermarché.

Le deuxième fichier fournit des informations relatives au comportement des clients. Chaque ligne fait référence à un client et porte une chaîne d'identification (un seul mot de au plus 10 caractères), l'heure d'entrée dans le Supermarché et le nombre de marchandises à acheter (nombres entiers) et la liste des symboles des rayons dans lesquels ils se trouvent, dans l'ordre que le client suivra pour les récupérer. En général, les chaînes des identifiants ne sont pas dans l'ordre alphabétique. Les objets peuvent être répétés et les objets dupliqués peuvent être consécutifs dans la liste (avec temps de transfert nul entre l'un et l'autre, mais temps de collecte non nul) ou entre séparés par d'autres objets (avec des mouvements de va-et-vient dans le Supermarché).

Par exemple:

```
Utente1 0 4 S13 S21 S45 S52
Utente2 0 1 S51
Utente3 0 2 S32 S25
Utente4 0 2 S25 S21
```

indique que le client **User1** entre lorsque le Supermarché ouvre et achète 4 Articles, qui sont situés, respectivement, dans la troisième étagère de la première allée dans le premier du second, dans le cinquième du quatrième et dans le second du cinquième. Le client **User2** entre à l'ouverture du Supermarché et n'achète qu'un seul article, qui est situé dans la première étagère de la cinquième allée. Pour les deux autres clients ils sont valables considérations similaires.

Le programme doit simuler le déroulement de la journée en gérant les événements significatifs. Certains événements sont connus a priori (ouverture et fermeture des caisses, entrées clients), d'autres sont le résultat d'interactions entre différents événements, qui modifient l'état du système, influençant ainsi les événements ultérieurs. L'idée fondamentale de la procédure est décrite ensuite :

- l'ensemble des événements contient initialement ceux connus a priori;
- le premier événement dans l'ordre chronologique est traité pour mettre à jour l'état du système et éventuellement déclencher de nouveaux événements futurs:
 - l'entrée d'un client permet de déduire l'heure à laquelle le client finira ses achats et arrivera à la caisse choisie, et déclenchera l'événement "arrivée à la caisse" ;
 - l'arrivée d'un client à la caisse déclenchera l'événement démarrage du service:
 1. si la caisse est libre, instantanément (et le client occupe la caisse pour un temps connu);
 2. si la caisse est occupée, lorsque tous les clients actuellement dans la file d'attente sont été servi et la caisse devient libre
 - le démarrage du service à la caisse d'un client déclenche la fin du service, qui coïncide avec sa sortie du supermarché;
 - la sortie d'un client du supermarché laisse immédiatement la caisse libre pour le prochain client; s'il n'y a pas de clients faisant la queue pour cette caisse, elle devient libre.

Les clients ne peuvent pas accéder aux caisses fermées. Chaque client fait la queue à la caisse ouverte le plus proche du lieu de son dernier achat. Si une caisse à l'heure de fermeture a des clients dans la file d'attente, il reste en service jusqu'à ce qu'il les ait éliminés, mais n'en accepte pas de nouveaux clients (accepte ceux qui sont arrivés exactement à l'heure de fermeture). Il est entendu que chaque client peut toujours trouver au moins une caisse ouverte à la fin de ses achats.

En cas d'événements simultanés, les ouvertures des caisses précèdent toujours les entrées des clients. Celles-ci précèdent les sorties, qui précèdent les arrivées en caisse. Les arrivées précèdent les débuts du service, et ceux-ci précèdent la fermeture des caisses. L'ordre s'applique entre événements du même type alphabétique par rapport aux identifiants des clients associés. Les événements de l'ouverture et la fermeture des caisses, qui ne concernent aucun client, sont classées par ordre alphabétique par rapport aux identifiants des caisses associés aux événements.

Le programme doit d'abord imprimer les événements dans l'ordre chronologique. N'importe quel événement nécessite une ligne et est décrit par le temps en secondes depuis l'ouverture de la supermarché (entier), par le type d'événement (OPEN, CLOSE, INPUT, CASH, SERVICE, OUTPUT), par l'identifiant du client concerné (pour les événements d'entrée, d'arrivée en caisse, de service et de sortie) et enfin de celui de la caisse concernée (pour les événements d'ouverture, de fermeture, d'arrivée en caisses et service). Dans l'exemple considéré :

```

0 APERTURA C1
0 APERTURA C2
0 INGRESSO Utente1
0 INGRESSO Utente2
0 INGRESSO Utente3
0 INGRESSO Utente4
144 CASSA Utente4 C2
144 SERVIZIO Utente4 C2
154 USCITA Utente4
174 CASSA Utente2 C2
174 SERVIZIO Utente2 C2
179 USCITA Utente2
228 CASSA Utente3 C2
228 SERVIZIO Utente3 C2
238 USCITA Utente3
330 CASSA Utente1 C2
330 SERVIZIO Utente1 C2
350 USCITA Utente1
2000 APERTURA C3
6000 APERTURA C4
6000 APERTURA C5
7200 APERTURA C6
7200 APERTURA C7
8000 CHIUSURA C2
9000 CHIUSURA C4
9000 CHIUSURA C5
10000 CHIUSURA C3
14400 CHIUSURA C1
14400 CHIUSURA C6
14400 CHIUSURA C7
    0 APERTURA C1
0 APERTURA C2
0 INGRESSO Utente1

```

```

0 INGRESSO Utente2
0 INGRESSO Utente3
0 INGRESSO Utente4
144 CASSA Utente4 C2
144 SERVIZIO Utente4 C2
154 USCITA Utente4
174 CASSA Utente2 C2
174 SERVIZIO Utente2 C2
179 USCITA Utente2
228 CASSA Utente3 C2
228 SERVIZIO Utente3 C2
238 USCITA Utente3
330 CASSA Utente1 C2
330 SERVIZIO Utente1 C2
350 USCITA Utente1
2000 APERTURA C3
6000 APERTURA C4
6000 APERTURA C5
7200 APERTURA C6
7200 APERTURA C7
8000 CHIUSURA C2
9000 CHIUSURA C4
9000 CHIUSURA C5
10000 CHIUSURA C3
14400 CHIUSURA C1
14400 CHIUSURA C6
14400 CHIUSURA C7

```

c'est-à-dire que lorsque le Supermarché ouvre, ils ouvrent les caisses **C1** et **C2** et entrent les clients dans l'ordre : **User1**, **User2**, **User3** et **User4**). À l'instant 144, le client **U4** arrive à la caisse **C2**. Comme c'est ouvert et libre, le service commence immédiatement et il termine à l'instant 154. À l'instant 174, le client **User2** arrive à la caisse **C2** (qui est la caisse ouverte la plus proche; **C5** serait plus proche de son dernier achat, mais il est fermé). La caisse étant libre, le service démarre immédiatement et se termine à l'instant 179. Le client **User3** arrive au minute 228 et sort à la minute 238, le client **User1** arrive à l'instant 330 et sort à l'instant 350. Pour les deux, la caisse **C2** est la caisse ouverte la plus proche. Enfin, les caisses **C3** (ouvre à l'instant 2000), **C4** et **C5** s'ouvrent (à l'instant 6000), **C6** et **C7** (à l'instant 7200) et ils ferment progressivement les caisses dans l'ordre : **C2** (à l'instant 8000), **C4** et **C5** (à l'instant 9000), **C3** (à l'instant 10000), **C1** 14400, **C6** et **C7** (à l'instant 14400).

Le programme imprime alors les informations relatives aux caisses, rapportées par ordre alphabétique de leurs identifiants. Chaque ligne correspond à une caisse et rapporte l'identifiant, le nombre de secondes pendant lesquelles il a été occupé (entier) et le pourcentage de cette durée par rapport à l'intervalle d'ouverture (numéro réel avec deux chiffres décimaux). Ce pourcentage dépasse 100 % dans le cas (peu probable) d'une caisse enregistreuse occupé pendant tout l'intervalle et qu'il est resté ouvert après la fermeture pour servir des clients dans la queue. Dans l'exemple ci-dessus :

```

C1 0 0.00%
C2 45 0.56%
C3 0.00%
C4 0 0.00%

```

C5 0 0.00%
C6 0 0.00%
C7 0 0.00%

puisque seule la caisse C2 a été occupée, pour 45 secondes sur 8 000.

Enfin, le programme imprime les informations client, toujours par ordre alphabétique. Chaque ligne concerne un client et rapporte l'identifiant, le nombre de secondes de séjour dans la supérette, le numero de clients faisant la queue à leur arrivée à la caisse (y compris ceux qui sont debout en cours de service : la file d'attente est vide uniquement pour les clients qui arrivent et sont servis immédiatement) et le nombre de secondes passées dans la file d'attente. Les trois nombres sont tous des entiers.

Par exemple:

Utente1 350 0 0
Utente2 179 0 0
Utente3 238 0 0
Utente4 154 0 0

puisque tous les clients de l'exemple sont servis dès leur arrivée à la caisse.

Doutes et clarifications

Les caisses ont des noms aléatoires et seront imprimées à la fin par ordre alphabétique, mais quelle est la correspondance entre les locuteurs reportés dans le fichier de données et les positions dans la supérette ?

Le fichier des caisses indique leurs noms et heures d'ouverture par ordre de distance par rapport à l'entrée, c'est-à-dire que le premier caisse est celui indiqué sur le dessin avec C1, le second avec C2 et ainsi de suite.