

Laboratoire d'algorithmes

Projet "Minimarket" (janvier 2022)

Remarque : La date limite du projet est fixée au dimanche 16 janvier inclus.

Remarque : Il est conseillé de consulter le document sur la page web qui contient des informations utiles pour la réalisation du projet. Il est également conseillé de vérifier de temps en temps les mises à jour de ce document, qui peuvent apporter des réponses aux doutes des étudiants et des corrections d'éventuelles erreurs.

La problématique Un magasin de proximité souhaite réorganiser les horaires d'ouverture des caisses afin de trouver un compromis efficace entre les coûts induits 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 d'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 dépanneur

La figure 1 illustre la structure du dépanneur, qui est assez classique. Cela consiste en:

une entrée, indiquée par le symbole I ;

huit allées composées chacune de 5 étagères indiquées par des abréviations progressives : l'abréviation S_{ij} associée à chaque étagère définit :

- la voie au numéro progressif i , qui croît de 0 à 7 au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'entrée ;
- l'étagère avec le nombre progressif j , qui croît de 1 à 5 au fur et à mesure de l'entrée au fond;

un couloir final, dans lequel chaque voie se termine en un point indiqué par le symbole F_i , où i est l'indice de voie ;

un couloir initial, dans lequel chaque voie de 1 à 7 débouche dans une case, indiquée par le symbole C_i ; le couloir permet de passer d'une caisse à l'autre, mais pas directement au couloir 0 ;

une sortie, juste après les caisses.

Les clients entrent dans le dépanneur par l'entrée et peuvent se déplacer comme suit :

de l'entrée au rayon S01 ou inversement, en 5 secondes ;

d'un rayon à l'autre ou au précédent d'un même rayon, en 10 secondes ;

de la dernière étagère de chaque allée (Si_i , pour i de 0 à 7) à la fin de l'allée dans le couloir final (Fi , pour i de 0 à 7) ou inversement, en 5 secondes ;

de la sortie d'une voie (Fi) à la précédente ou à la suivante, en 7 secondes ;

du premier rayon de chaque allée (Si_1 , pour 1 à 7) à la caisse correspondante (C_i , pour 1 à 7) ou inversement, en 5 secondes

d'une enceinte (C_i) à la précédente ou à la suivante, en 8 secondes.

La simulation du comportement client fournit pour chacun :

une heure d'entrée, mesurée en secondes depuis l'ouverture du supermarché ;

une liste de biens à acheter, composée de leur numéro suivi des symboles des rayons dans lesquels ils se trouvent.

Le client est censé se déplacer exactement le long de la liste, quitte à se promener stupidement dans le dépanneur. Parmi les différents chemins possibles pour aller d'un rayon à l'autre, le client choisit cependant toujours le plus court. Chaque article prend 15 secondes à ramasser. Une fois le dernier article récupéré, le client se dirige vers la caisse ouverte la plus proche et fait la queue (pour simplifier, il ne choisit pas la caisse en fonction de la longueur de la file d'attente). En cas d'égale distance, il choisit le cas d'indice minimum.

Pour chaque caissier, un intervalle d'ouverture est défini, décrit par les heures d'ouverture et de fermeture, mesurées en secondes écoulées depuis l'ouverture du supermarché. Le client de la file d'attente met ses achats sur le tapis et le caissier en dispose en prenant 5 secondes pour chaque article. Une fois terminé, le client sort. Pour plus de simplicité, le paiement et la sortie 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 une caisse et contient une chaîne d'identification (un seul mot de 10 caractères maximum), l'heure d'ouverture et l'heure de fermeture (chiffres entiers). En général, les chaînes d'identifiant ne sont pas dans l'ordre alphabétique.

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 s'ouvrent à l'ouverture du dépanneur et se ferment 14 400 et 8 000 secondes plus tard. La caisse enregistreuse C3 s'ouvre 2 000 secondes après l'ouverture de la supérette et se ferme 10 000 secondes plus tard. Les caissiers C4 et C5 ouvrent 6 000 secondes et ferment 9 000 secondes après l'ouverture du dépanneur. Enfin, les caisses C6 et C7 ouvrent 7 200 secondes et ferment 14 400 secondes après l'ouverture du dépanneur.

Le deuxième fichier fournit des informations relatives au comportement des clients.

Chaque ligne fait référence à un client et rapporte une chaîne d'identification (un seul mot de 10 caractères maximum), l'heure d'entrée dans le dépanneur et le nombre de marchandises à acheter (nombres entiers) et la liste des symboles des étagères dans lesquels ils se trouvent, dans l'ordre que le client suivra pour les récupérer. En général, les chaînes d'identifiant ne sont pas dans l'ordre alphabétique. Les objets peuvent être répétés, et les objets dupliqués peuvent être consécutifs dans la liste (sans temps de transfert entre l'un et l'autre, mais pas de temps de collecte nul) ou intercalés avec d'autres objets (avec des allers-retours dans le dépanneur). Par exemple:

Utilisateur1 0 4 S13 S21 S45 S52

Utilisateur2 0 1 S51

Utilisateur3 0 2 S32 S25

Utilisateur4 0 2 S25 S21

indique que le client User1 entre à l'ouverture du dépanneur et achète 4 articles, qui se trouvent respectivement sur la troisième étagère de la première allée dans la première de la seconde, dans la cinquième de la quatrième et dans la seconde de la cinquième. Le client User2 entre à l'ouverture du dépanneur et n'achète qu'un seul article, qui se trouve sur la première étagère de la cinquième allée. Des considérations similaires s'appliquent aux deux autres clients.

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

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, si nécessaire, déclencher de nouveaux événements futurs :

- la saisie d'un client permet de déduire l'heure à laquelle le client finira ses achats et arrivera à la caisse choisie, et donc déclenche l'arrivée à la caisse ;
- l'arrivée d'un client en caisse déclenche l'événement début de service :
 1. si le caissier est libre, immédiatement (occuper le caissier pendant une durée connue) ;
 2. si le caissier est occupé, lorsque les clients actuellement dans la file d'attente sont tout à été servi et la caisse enregistreuse est à nouveau libre ;
- le début du service d'un client déclenche la fin du service, qui coïncide avec sa sortie du magasin de proximité ;
- un client quitte le dépanneur laisse immédiatement la caisse libre pour le client suivant ; s'il n'y a pas de clients faisant la queue pour cette caisse, celle-ci devient gratuite.

Les clients ne peuvent pas accéder aux caisses fermées. Chaque client fait la queue dans la caisse ouverte la plus proche de la position de son dernier achat. Si un caissier a des clients en file d'attente à l'heure de fermeture, il reste en service jusqu'à ce qu'il en ait disposé, mais n'accepte pas de nouveaux clients (il accepte ceux qui sont arrivés exactement à l'heure de fermeture). Oui

supposons que chaque client puisse toujours trouver au moins une caisse enregistreuse ouverte à la fin de ses achats.

Dans le 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 de services, et ceux-ci précèdent la fermeture des caisses. Entre événements de même type, l'ordre alphabétique des identifiants des clients associés s'applique. Pour les ouvertures et fermetures de caisses, qui ne concernent aucun client, l'ordre alphabétique des identifiants de caisses associés aux événements s'applique.

Le programme doit d'abord imprimer les événements dans l'ordre chronologique.

Chaque événement nécessite une ligne et est décrit par l'heure en secondes écoulée depuis l'ouverture du supermarché (nombre entier), par le type d'événement (OUVERTURE, FERMETURE, ENTRÉE, CAISSE, SERVICE, SORTIE), par l'identification du client concerné (pour les événements d'entrée, d'arrivée en caisse, de service et de sortie) et enfin par celle de la caisse concernée (pour les événements d'ouverture, de fermeture, d'arrivée en caisse et de service).

Dans l'exemple considéré :

```
0 OUVERTURE C1
0 OUVERTURE C2
0 Utilisateur 1 IN
0 ENTRÉE Utilisateur2
0 ENTREE utilisateur 3
0 Utilisateur 4
144 CAISSE ENREGISTRÉE Utilisateur4 C2
144 SERVICE Utilisateur4 C2
154 Utilisateur SORTIE 4
174 COMPTANT Utilisateur2 C2
174 SERVICE Utilisateur2 C2
179 Utilisateur 2 SORTIE
228 COMPTANT Utilisateur3 C2
228 SERVICE Utilisateur3 C2
238 Utilisateur SORTIE 3
330 COMPTANT Utilisateur1 C2
330 SERVICE Utilisateur1 C2
350 Utilisateur 1 SORTIE
2000 OUVERTURE C3
6000 OUVERTURE C4
6000 OUVERTURE C5
7200 OUVERTURE C6
7200 OUVERTURE C7
8000 FERMETURE C2
9000 FERMETURE C4
9000 FERMETURE C5
10000 FERMETURE C3
14400 FERMETURE C1
14400 FERMETURE C6
14400 FERMETURE C7
    0 OUVERTURE C1
0 OUVERTURE C2
0 Utilisateur 1 IN
0 ENTRÉE Utilisateur2
0 ENTREE utilisateur 3
0 Utilisateur 4
144 CAISSE ENREGISTRÉE Utilisateur4 C2
144 SERVICE Utilisateur4 C2
```

154 Utilisateur SORTIE 4
174 COMPTANT Utilisateur2 C2
174 SERVICE Utilisateur2 C2
179 Utilisateur 2 SORTIE
228 COMPTANT Utilisateur3 C2
228 SERVICE Utilisateur3 C2
238 Utilisateur SORTIE 3
330 COMPTANT Utilisateur1 C2
330 SERVICE Utilisateur1 C2
350 Utilisateur 1 SORTIE
2000 OUVERTURE C3
6000 OUVERTURE C4
6000 OUVERTURE C5
7200 OUVERTURE C6
7200 OUVERTURE C7
8000 FERMETURE C2
9000 FERMETURE C4
9000 FERMETURE C5
10000 FERMETURE C3
14400 FERMETURE C1
14400 FERMETURE C6
14400 FERMETURE C7

c'est-à-dire qu'à l'ouverture du dépanneur, les caisses C1 et C2 s'ouvrent et les clients saisissent la commande : Utilisateur1, Utilisateur2, Utilisateur3 et Utilisateur4). A 144 secondes, le client U4 arrive à la caisse C2. Comme celle-ci est ouverte et gratuite, le service commence immédiatement et se termine à la seconde 154. A la seconde 174, le client Utilisateur2 arrive au guichet C2 (qui est la caisse ouverte la plus proche ; C5 serait la plus proche de son dernier achat, mais il est fermé). Le caissier étant libre, le service démarre immédiatement et se termine au deuxième 179. Le client Utilisateur3 arrive au deuxième 228 et sort au deuxième 238, le client Utilisateur1 arrive au deuxième 330 et sort au deuxième 350. Pour les deux le caissier C2 est le coffre ouvert le plus proche. Enfin, ils ouvrent les caisses C3 (2 000 par seconde), C4 et C5 (6 000 par seconde), C6 et C7 (7 200 par seconde) et ferment progressivement les caisses dans l'ordre : C2 (8 000 par seconde), C4 et C5 (9 000 par seconde), C3 (10 000 par seconde), C1 14 400, C6 et C7 (14 400 par seconde).

Le programme imprime alors les informations relatives aux caisses, classées par ordre alphabétique par rapport à leurs identifiants. Chaque ligne concerne une caisse enregistreuse et indique l'identification, le nombre de secondes pendant lesquelles elle a été occupée (nombre entier) et le pourcentage de cette durée par rapport à l'intervalle d'ouverture (nombre réel à deux chiffres décimaux). Ce pourcentage dépasse 100% dans le cas (peu probable) d'une caisse enregistreuse qui a été occupée pendant tout l'intervalle et est restée ouverte pour disposer des clients après la fermeture. 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 était occupée, pendant 45 secondes sur 8 000.

Enfin, le programme imprime les informations client, toujours par ordre alphabétique. Chaque ligne concerne un client et reprend l'identification, le numéro de

secondes passées dans la supérette, le nombre de clients dans la file d'attente à l'arrivée à la caisse (y compris celui qui est servi : la file n'est vide que pour les clients qui arrivent et sont servis immédiatement) et le nombre de secondes passées dans la file. Les trois nombres sont tous des entiers. Par exemple:

Utilisateur1 350 0 0

Utilisateur2 179 0 0

Utilisateur3 238 0 0

Utilisateur4 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 devront être imprimées par ordre alphabétique à la fin, mais quelle est la correspondance entre les caisses répertoriées dans le fichier de données et les positions dans le dépanneur ?

Le fichier des caisses montre leurs noms et heures d'ouverture par ordre de distance par rapport à l'entrée, c'est-à-dire que la première caisse est celle indiquée sur le dessin avec C1, la seconde avec C2 et ainsi de suite.