

# Comment améliorer les temps d'attente de notre cantine ?

CARRET David, MAGNE Laura, GONTHIER Solène  
Gonthier, CARTET Alexandra, LEFRANC Pauline,  
VILLEMRMET Thibault, BLANCHARD Vincent  
(3ème, 2nde et 1ère)

Lycée Aristide Briand, Gap  
Enseignants : HIRTZ VILLARD Françoise,  
MARCHAL Christian  
Chercheur : DELECROIX Vincent (IML Luminy)

## Le problème

La cantine de nos deux établissements accueille quotidiennement environ 1200 élèves. De nombreux élèves et parents se plaignent de temps d'attente exagérés pour accéder à la salle de repas. Nous avons voulu comprendre le phénomène, l'analyser et envisager de proposer des améliorations.

## Comment résoudre le problème ?

Nous nous sommes demandé quels paramètres pouvaient influencer le temps d'attente comme :

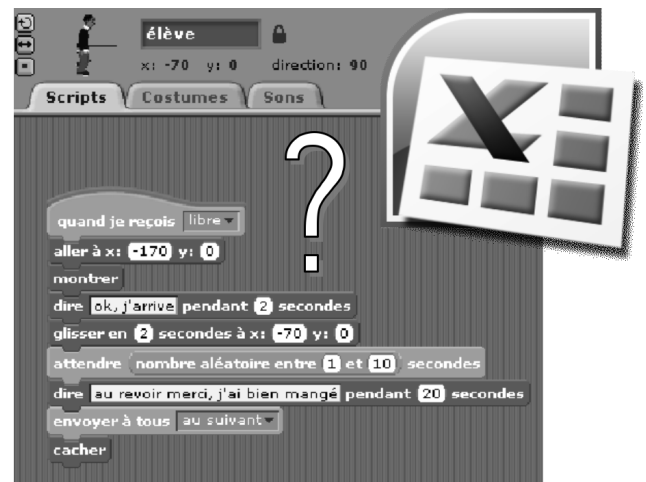
- Nombre d'élèves à faire manger
- Surface des locaux de la cantine
- Largeur de la file d'attente
- Plage horaire d'ouverture de la cantine
- Forme des tables, des plateaux
- La météo, le menu
- Nombre d'élèves dans la lune.

Bien sûr, il était clair qu'il fallait simplifier cette liste, mais ça nous a posé des problèmes et nous sommes restés bloqués pendant plusieurs semaines à chercher comment choisir les deux paramètres finalement retenus : *le temps entre deux arrivées d'élèves et le temps passé dans la cantine*. Ce seront nos **paramètres d'entrée**.

Nouveau problème pour essayer de décider si la cantine « marche » ou pas .... On s'est mis d'accord sur : *le temps (moyen, médian, max, on verrait après) d'attente d'un élève avant de pouvoir manger et le nombre d'élève ayant trop attendu*. Ce seront nos **paramètres de sortie**.

En essayant de mettre notre problème en équation, il nous est apparu son côté *stochastique* (fortement lié au hasard) et nous n'avons pas les mathématiques nécessaires pour trouver une solution.

Nous avons finalement décidé d'utiliser un logiciel pour essayer de modéliser la situation. Deux pistes ont été explorées : le tableur ou Scratch (un logiciel d'algorithme).



Au bout de quelques semaines, nous avons fait le constat que nous n'étions pas assez nombreux pour faire les deux et nous nous sommes concentrés sur le tableur.

## Le modèle

Avec ces paramètres, nous élaborons un modèle simpliste où une ligne représente un élève. Cette modélisation est faite sur une file d'attente de 100 personnes.

## Mots-clés

ATTENTE, FILE D'ATTENTE, TABLEUR, SONDAGE, CANTINE, LISSAGE, MODÉLISATION

Nous avons donc des **paramètres d'entrée** qui nous permettent de faire fonctionner le modèle. Il s'agit de la durée moyenne entre 2 arrivées (ici, 2 minutes), la durée moyenne de traitement (c'est-à-dire le temps passé dans la cantine, ici, 15 minutes) et le niveau de saturation (c'est-à-dire le temps d'attente maximum que les élèves peuvent supporter, ici 15 minutes).

Nous avons ensuite le modèle à proprement parler et enfin les **paramètres de sortie**. Ce sont ces paramètres qui vont nous permettre de mesurer l'efficacité de notre cantine. Nous avons choisi de regarder l'attente moyenne des élèves et le pourcentage d'élèves en saturation (qui attendent trop).

Il ne nous reste qu'à observer les paramètres de sortie : on note que le temps d'attente moyen est de 644 minutes et le pourcentage d'élèves en saturation de 98%. Cela veut dire que seuls deux élèves peuvent manger sans trop attendre !

Nous avons également prévu une variabilité des paramètres d'entrée du modèle (puisque bien sûr les élèves n'arrivent pas à un rythme régulier et ne passent pas le même temps dans la cantine), mais cela ne change pas beaucoup la situation.

**On en conclut que notre modèle ne fonctionne pas.**

Modélisation d'une file d'attente pour 100 élèves				E	F	G	H	I	J
Paramètres d'entrée				Elève n°	Heure D'arrivée	Durée D'attente	Durée du Traitement	Heure de Traitement	Heure de Départ
Paramètres qu'on peut faire varier				1	0,0	0,0	15,0	0,0	15,0
1 Durée moyenne entre deux arrivées 2				2	2,00	13,0	15,0	15,0	30,0
variabilité (DMAV) 0,00%				3	4,0	26,0	15,0	30,0	45,0
2 Durée moyenne de traitement (DMT) 15				4	6,0	39,0	15,0	45,0	60,0
variabilité (DMTV) 0,00%				5	8,0	52,0	15,0	60,0	75,0
3 Seuil de saturation (les élèves attendant plus de cette durée sont en italique gras) 15				6	10,0	65,0	15,0	75,0	90,0
Résultats				7	12,0	78,0	15,0	90,0	105,0
Temps moyen d'attente 644				8	14,0	91,0	15,0	105,0	120,0
Nombre de clients ayant attendu 98				9	16,0	104,0	15,0	120,0	135,0
Paramètres de sortie				10	18,0	117,0	15,0	135,0	150,0
				11	20,0	130,0	15,0	150,0	165,0
				12	22,0	143,0	15,0	165,0	180,0
				13	24,0	156,0	15,0	180,0	195,0
				14	26,0	169,0	15,0	195,0	210,0

Feuille de calcul de tableur montrant les paramètres et leur traitement dans le modèle

Voyons maintenant comment fonctionne ce modèle. Dans la partie modèle, la deuxième colonne, F, contient l'heure d'arrivée dans la file d'attente (en minutes, à partir de 12H). On part du principe [Hypothèse] que *les élèves arrivent régulièrement* et on fixe l'intervalle dans les paramètres d'entrée. Dans la colonne suivante, G, nous mettons le temps d'attente à l'extérieur de la cantine et à côté (en I) l'heure de traitement (c'est en fait l'heure à laquelle l'élève entre dans la cantine : on a  $I3 = F3+G3$ ). La cinquième colonne contient le temps de traitement qui est fixé grâce aux paramètres d'entrée. Enfin dans la dernière colonne, J, l'heure de sortie, toujours en minutes (on a  $J3 = H3+I3$ ).

Maintenant, la difficulté était de savoir comment passer d'une ligne à l'autre pour faire fonctionner le modèle. Nous sommes partis du principe [Hypothèse] que *la cantine est pleine et que pour entrer, un élève doit attendre qu'un autre soit sorti*. Cela nous permet de faire la ligne du deuxième élève : Son heure d'arrivée est égale à celle du premier plus 2 minutes. Pour calculer son temps d'attente, on prend l'heure de sortie du premier moins son heure d'arrivée (ou 0 s'il arrive après que l'autre soit sorti : la formule en G4 est donc par exemple «= max(J2-F3 ;0)»).

Le reste de la ligne est le recopiage de la ligne du dessus et nous faisons cela sur cent élèves.

### La visite du chercheur

En décembre, M. Vincent Delecroix, notre chercheur, est venu nous voir, et a décelé quelques imperfections dans notre modèle. Il a relevé un défaut majeur : « pour quelle raison l'arrivée des élèves serait-elle régulière ? ». M. Delecroix nous a donc proposé de faire un sondage pour en savoir davantage sur les temps d'arrivée des élèves à la cantine.

[Les hypothèses faites sur les sorties sont également irréalistes, comme on le verra plus loin]


### Le sondage

Nous avons donc créé un sondage, que nous avons distribué aux collégiens et aux lycéens. Il se base sur plusieurs critères : l'heure de sortie de cours, l'heure d'arrivée dans la file d'attente, d'entrée au self, de fin de repas et enfin de sortie du self. Les élèves ont dû y répondre durant une semaine entière.

### L'exploitation du sondage

Après avoir récupéré toutes les fiches, puis les avoir triées (fiches remplies à moitié, illisibles, valeurs impossibles, etc.) nous avons eu la tâche d'entrer toutes les heures obtenues dans une nouvelle feuille de calcul. En tout nous avons 397 élèves qui ont répondu convenablement au sondage. Nous avons alors calculé la

moyenne, le maximum, le minimum, la médiane, l'écart-type et les quartiles pour le temps d'attente et le temps de service [?] .est-ce le temps du repas ?].

	temps d'attente	temps de service
<b>Minimum</b>	00:00	 10:00
<b>Maximum</b>	58:00	04:00
<b>Moyen</b>	09:36	28:10
<b>Écart-type</b>	09:54	08:58
<b>Médian</b>	06:00	27:00
<b>1er quartile</b>	02:00	23:00
<b>3ème quartile</b>	15:00	34:00

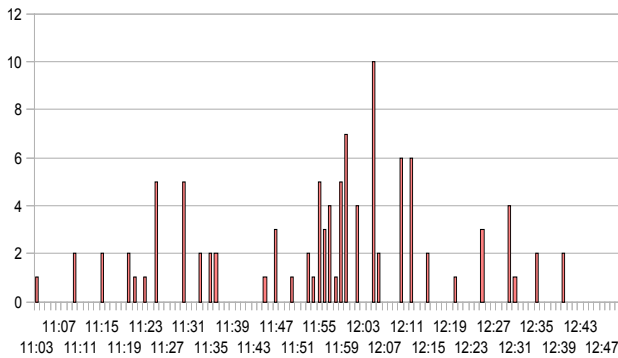
Les résultats nous ont étonnés : seulement 9'36" d'attente moyenne, 75% des élèves attendent plus de 15' et 25% moins de 2'.

Ensuite, il nous a fallu trouver la durée entre deux arrivées d'élèves (pour le modèle).

Nous avons créé une nouvelle feuille de calcul où nous avons noté à chaque heure le nombre d'élèves arrivant dans la file (exemple : 11h20/ 5 élèves).

Cependant, la courbe donnée par ce tableau était très irrégulière (on passe d'une minute à l'autre, 12h04 à 12h05, du minimum 0 au maximum 10).

Nombre d'élèves arrivant dans la file  
(moyenne sur 1 minute)

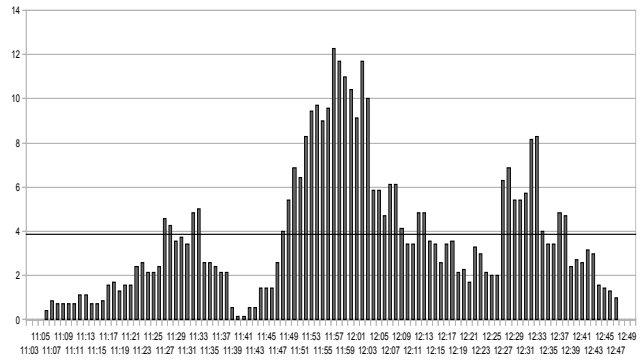


On a alors eu l'idée de *lisser* cette courbe grâce à des moyennes mobiles ! Pour cela, il a suffi de diviser le nombre d'élèves arrivants dans une période donnée par le nombre de minutes qui composent la période, par exemple : entre 11h03 et 11h05, il arrive 3 élèves, la moyenne est d'un élève par minute !

Les courbes ainsi lissées sont plus facilement exploitables (on utilise en particulier la courbe moyennée sur 7 minutes).

La courbe présente 3 bosses : une vers 11h30 correspondant aux élèves du collège, la principale vers 11h50 correspondant à la fin des cours du matin au lycée et la dernière vers 12h30, celle des élèves de lycée préférant attendre pour éviter la queue principale de midi.

Nombre d'élèves arrivant dans la file  
(moyenne sur 7 minutes)



La moyenne d'élèves arrivant par minute est trouvée facilement : c'est 4 (environ). La cantine doit donc gérer *un flux d'environ 4 élèves par minute* (soit un intervalle inter-arrivées de 0,25').

Le problème est que ce flux est très irrégulier et qu'il faudrait arriver à le lisser. Pour cela nous avons pensé à plusieurs choses : étaler certaines heures de fin de cours, instaurer un ordre par classe etc....

Pour en revenir à nos moutons, nous avons donc maintenant les valeurs nécessaires au modèle !

### Retour au modèle

Nous reprenons avec les résultats du sondage (inter-arrivée : 0,25' et traitement 28') avec espoir de faire marcher notre modèle.

Une fois la simulation faite, nous obtenons ces résultats :

Modélisation d'une file d'attente pour 100 élèves	
Paramètres qu'on peut faire varier	
1	Durée moyenne entre deux arrivées $\rightarrow$ 0,25
	variabilité (DMAV) 0,00%
2	Durée moyenne de traitement (DM) $\rightarrow$ 28
	variabilité (DMTV) 0,00%
3	Seuil de saturation (les élèves attendant plus de cette durée sont en italique gras) 15
Résultats	
	Temps moyen d'attente 656
	Nombre de clients avant attendu 99

C'est visiblement une preuve de l'imperfection du modèle,

l'attente moyenne est de presque 11h

Bref il nous faut le revoir avec nos paramètres tout frais !

C'est sur cette note joyeuse que nous avons dû arrêter nos travaux pour préparer le congrès. Cependant, nous ne désespérons pas d'arriver à trouver un modèle exploitable !

L'hypothèse de base pour autoriser un élève à accéder au self (qu'un autre en sorte) est manifestement mauvaise (puisqu'elle signifie qu'on considère la cantine déjà pleine). C'est la piste principale d'amélioration, mais on ne sait pas si c'est faisable avec un tableur.

[Remarque : pour un modèle un peu plus réaliste, les auteurs auraient pu diviser le temps de traitement par le nombre de tables]