

**CAHIER DES CHARGES DU  
BUREAU D'ETUDES SIMULATION  
ENSIETA / ENSI3 ELO  
ANNEE 2005-2006**

Enseignant : Pascal Cantot ([cantotp@wanadoo.fr](mailto:cantotp@wanadoo.fr))

## 1. PREAMBULE

*Ce bureau d'études va essayer de vous mettre dans la situation d'un ingénieur de bureau d'études qui reçoit une commande d'un client pour la réalisation d'une étude à l'aide de simulation (à événements discrets) afin d'aider à la spécification d'un système futur.*

*L'énoncé a grossièrement la forme d'un cahier des charges tels que vous en rencontrerez dans votre vie d'ingénieur (en plus volumineux généralement).*

*Cet énoncé est long, mais comporte beaucoup de précisions qui doivent vous aider dans votre travail. En cas d'ambiguïté ou de doute sur le besoin, n'hésitez pas à poser des questions au « client », cela fait partie du dialogue nécessaire, d'autant qu'il est rare (voire impossible ?) de trouver un cahier des charges parfait...*

*J'attacherai une importance particulière à la méthode et au respect du cahier des charges. N'oubliez pas que votre client peut être, par exemple, un fonctionnaire de la Communauté Urbaine de Brest ou un financier qui n'est pas un informaticien (donc inutile de faire du copier/coller de l'intégralité de votre code source dans le rapport pour expliquer vos algorithmes, mettez-le en annexe ou simplement sur le CDROM).*

*Le bureau d'études se fera en 4 phases :*

- 1. Initiation à la simulation à événements discrets et à l'utilisation de la bibliothèque et du moteur de simulation proposé (TD3)*
- 2. Analyse du problème et modélisation (BE1)*
- 3. Implémentation du modèle et simulation (BE2)*
- 4. Analyse et rédaction du rapport (temps libre)*

*Le cahier des charges est susceptible d'être modifié en cours de route (cela arrive fréquemment dans l'industrie privée, moins dans le public), alors restez souples dans vos implémentations !*

*En cas de problème, n'hésitez pas à me contacter (i.e. par email).*

## 2. OBJET DE L'ETUDE

Le présent bureau d'études a pour objectif d'optimiser le fonctionnement d'une station-service.

On veut disposer, à l'issu de ce travail, d'un logiciel de simulation permettant de tester différentes hypothèses d'organisation et d'une analyse du problème et des solutions possibles envisagées aujourd'hui.

## 3. DESCRIPTION DU PROBLEME

### 3.1 Introduction

M. Michel Thotal, directeur général d'un groupe gérant, entre autres, un certain nombre de stations services, vous envoie le courrier suivant :

*Monsieur,*

*Lors de notre dernier comité de direction, il a été porté à ma connaissance un nombre important de courriers de clients mécontents du fonctionnement de notre station service de Villeneuve-Saint-Germain.*

*En effet, ils font état de dysfonctionnement dans la gestion des pompes, entraînant des délais d'attente très importants et des embouteillages sur la D421. Fait aggravant, alors que jusqu'ici notre station de VSG était la seule dans un rayon de 10 km, un de nos principaux concurrents, ayant eu vent de ces dysfonctionnements, a estimé pouvoir faire mieux et vient d'acquérir un terrain à proximité dans le but d'ouvrir un établissement concurrent.*

*Ceci est bien entendu inacceptable pour nous, et nous incite à réagir dans les plus brefs délais. Aussi, je m'adresse à votre bureau d'études afin qu'il me propose un outil d'analyse de ce problème et une ébauche de solution que nous discuterons lors d'une réunion à programmer le mois prochain. Le tarif habituel sera appliqué.*

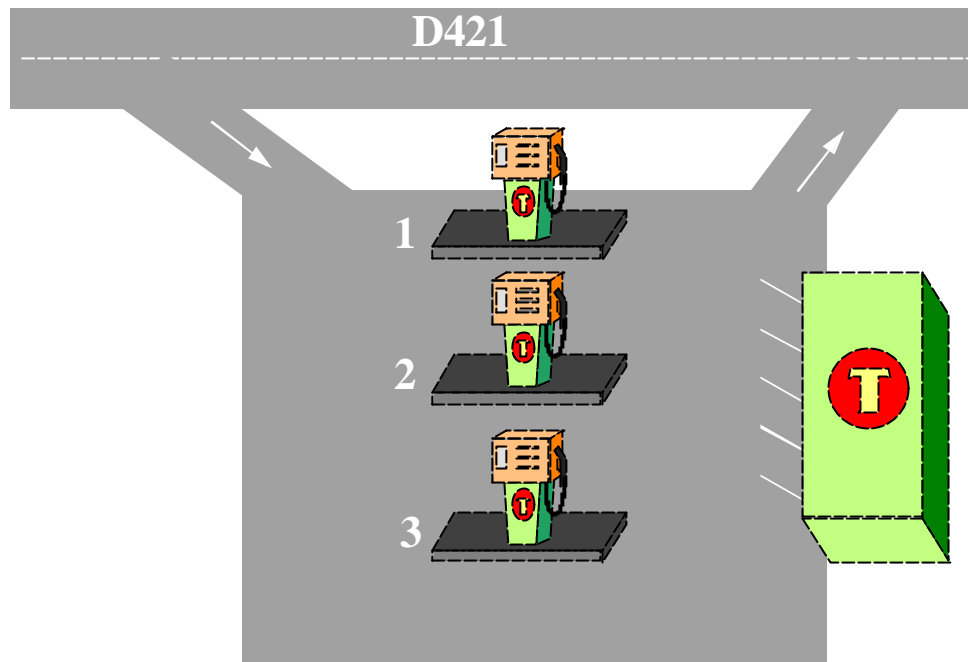
[...]

Le courrier comprenait en annexe un certain nombre de documents décrivant l'objet de l'étude.

### 3.2 La station service

#### 3.2.1 Description générale

Dans le cadre de cette étude, on considère une station service, située dans une petite ville. Cette station service comporte une entrée, un nombre  $N_A$  de files d'attente, un nombre  $N_P$  de pompes, une caisse centrale, une sortie. Le dessin ci-dessous représente la configuration actuelle, avec trois files d'attente et trois pompes.



### 3.2.2 Déroulement du service

La station service est ouverte en semaine de 06H00 à 20H00.

Les pompes sont en libre service. Elles délivrent toutes du Super, du sans plomb 95 et 98 et du diesel. Les clients mettent un temps moyen  $T_P$  pour se servir. Ensuite, ils vont payer à la caisse centrale et mettent pour cela un temps moyen  $T_C$  (on supposera que le temps de trajet de la pompe à la caisse et de redémarrage est inclus dans  $T_C$ ). La caisse centrale comportant un magasin, un client sur trois s'y attarde en moyenne un temps  $T_M$ . Enfin, il retourne à sa voiture qu'il redémarre et quitte alors la station service.

Lorsque les clients arrivent, ils choisissent la file la plus pertinente. S'il y a plus de  $N_Q$  clients en attente dans une file, deux clients sur trois renoncent à attendre et passent leur chemin. A terme, ces clients iront automatiquement chez le concurrent, engendrant ainsi une perte de chiffre d'affaire.

La fréquentation varie suivant les heures. Ainsi, de 06H00 à 08H00 et de 18H00 à 20H00, c'est l'heure de pointe, avec une fréquentation  $F_2$  bien plus importante que le reste de la journée, qui voit défileur un nombre  $F_1$  de clients à l'heure.

### 3.3 Cas à modéliser

#### 3.3.1 Cas actuel

Hypothèse  $H_0$  : Il y a actuellement une file d'attente par pompe et trois pompes. On relève :

$$N_A = 3$$

$$N_P = 3$$

$$N_Q = 8$$

$$T_P = 130 \text{ s}$$

$$T_C = 80 \text{ s}$$

$$T_M = 110 \text{ s}$$

$$F_1 = 21$$

$$F_2 = 2 * F_1$$

### 3.3.2 Evolutions envisagées

Trois évolutions sont envisagées à partir de ( $H_0$ ) :

- ( $H_1$ ) Utilisation d'une seule file d'attente pour les trois pompes. Dans ce cas, il faut effectuer des travaux importants car il faudra redimensionner l'entrée de la station service. Notons que, dans ce cas, les clients accepteront une file d'attente deux fois plus longue avant de renoncer.
- ( $H_2$ ) Augmentation du nombre de pompes : passage à six pompes et six files d'attente. L'investissement est également conséquent, il faudra vérifier que ces pompes supplémentaires seront rentabilisées.
- ( $H_3$ ) Remplacement de deux des trois pompes par des pompes CB à paiement direct par carte de crédit, la caisse centrale restant uniquement pour surveiller la station, encaisser la pompe non CB et vendre quelques accessoires. Le temps passé à une pompe CB est augmenté de 40%, mais il n'y a plus de passage en caisse.

## 4. DESCRIPTION DES FOURNITURES

### 4.1 Exigences générales sur les fournitures

Les fournitures de l'ensemble des bureaux d'études seront livrées sous forme électronique, sur un CDROM.

Les noms des fichiers seront choisis de façon pertinente afin de permettre une identification aisée et une bonne portabilité.

Les documents devront être lisibles, attractifs, et faciliter la recherche des informations (structuration, table des matières). Le rapport comprendra une page de couverture rappelant au moins le titre de l'étude, les ingénieurs responsables (avec leur adresse email), le client et l'année.

### 4.2 Modélisation du système

La modélisation du système comprendra :

- Une définition du système et de son environnement.
- La liste et caractérisation des variables d'état (type de donnée, caractère discret ou continu, ensemble de valeurs, valeurs particulières, etc.).
- L'identification des entités qui le composent, leur caractérisation (voir précédemment) de leurs variables d'état et paramètres et des relations éventuelles entre ces entités.
- La liste des variables statistiques.
- L'identification des ressources et de leurs conditions d'utilisation.
- La liste des événements avec détermination des conditions d'occurrence et des actions correspondantes (algorithmes de traitement).
- La liste des processus déterministes et aléatoires survenant dans le système et la détermination de leurs lois.

Des hypothèses de modélisation pourront être prises si nécessaire (mais devront être explicitées et justifiées).

#### 4.2.1 Simulation

On effectuera une série de répliques pour les hypothèses  $(H_0)$ ,  $(H_1)$ ,  $(H_2)$ ,  $(H_3)$  et on comparera les résultats moyens pour en tirer les conclusions demandées.

On donnera notamment un graphique de la taille de la file d'attente aux pompes (ou à une pompe représentative) en fonction du temps<sup>1</sup> (résolution suggérée : 10 minutes).

### 4.3 Exigences particulières

#### 4.3.1 Exigences fonctionnelles

Le logiciel de simulation devra permettre de tester différentes hypothèses de configuration et de fonctionnement de la station service, en fonction des paramètres requis.

L'ensemble des paramètres, variables ou fixes, sera placé dans un fichier séparé du reste du code<sup>2</sup>.

On devra pouvoir rejouer une réplique de la simulation.

Le logiciel produira les résultats suivants pour chaque exécution :

- Rappel des paramètres de la réplique (dont germe)
- Trace datée des évènements
- Statistiques recherchées : nombre de clients, temps moyen de traitement d'un client (de l'entrée à la sortie), proportion de clients mécontents, temps d'attente moyen de chaque client...

En outre, les résultats statistiques devront pouvoir être enregistrés dans un fichier texte exploitable dans un tableur de type Excel, OpenOffice, etc.

#### 4.3.2 Exigences d'implémentation

Le langage utilisé sera préférentiellement C++. Le langage Java est également admis, mais aucune bibliothèque spécifique ne sera fournie. La plate-forme cible sera préférentiellement Win32/Intel ou Linux/Intel. Sun Solaris/Sparc est également admise.

#### 4.3.3 Exigences de vérification & validation

Les ingénieurs veilleront à effectuer les tests requis pour s'assurer du bon fonctionnement de leur logiciel de simulation. Les données issues de chaque simulation seront examinées et critiquées si nécessaire. Un compte-rendu de ces opérations de V&V figurera dans le rapport d'étude.

---

<sup>1</sup> On pourra ici utiliser un outil externe, tel que Openoffice, Excel, GnuPlot, etc. Pour simplifier, on pourra choisir une réplique représentative du comportement du système.

<sup>2</sup> En principe un fichier texte, mais il sera admis également l'utilisation d'un fichier inclus lors de la compilation.

#### 4.3.4 Exigences de documentation

Le rapport d'étude comprendra les sections suivantes :

1. Objectifs de l'étude  
*Les rappeler en les reformulant éventuellement.*
2. Analyse du problème  
*Système, entités, variables, événements, processus...*
3. Modélisation du système  
*Conditions d'occurrence et algorithmes de traitement des événements, validation...  
Hypothèses de modélisation éventuelles.*
4. Implémentation du modèle  
*Description du code, du fonctionnement du moteur de simulation, des générateurs aléatoires. Ceci peut être aidé par le placement de commentaires pertinents dans le code. Manuel utilisateur : description du fonctionnement, paramétrage.  
Le code source, fichiers de données et exécutables seront fournis sous forme électronique dans des sous-répertoires src, data, bin respectivement.*
5. Compte-rendu de V&V  
*Revue critique du fonctionnement et des résultats.*
6. Résultats de la simulation  
*Synthèse des résultats. On utilisera des graphiques (histogrammes, camemberts, etc.) pour faciliter la lecture.  
Les résultats seront fournis sous forme de fichiers texte au format CSV.*
7. Analyse des résultats  
*Commentaire des résultats et réponses apportées au problème posé.*
8. Perspectives d'évolutions  
*Suggestions d'amélioration du logiciel de simulation, du modèle...  
(a-t-on pris des hypothèses trop simplificatrices qui remettraient en cause la validité du modèle ? Comment pourrait-on améliorer l'évolutivité ou l'IHM du logiciel ? etc.)*

#### 4.4 Exigences de livraison

Les bureaux d'études fourniront leurs fichiers dans un dossier comportant le nom des ingénieurs (ex. : MARTIN – DUPONT) au Département Informatique de l'ENSIETA pour inclusion sur un CDROM. On veillera à contrôler la lisibilité des fichiers et le positionnement des droits d'accès pour éviter tout incident.

L'ENSIETA se chargera de la livraison du CDROM complet au client.