

# Chapitre 1

## Introduction à la modélisation et l'évaluation des performances

### 1.1 Qu'est ce que l'évaluation des performances ? \*

L'évaluation des performances s'intéresse au calcul des paramètres de performances d'un système. Ces paramètres sont de différents types et dépendent du système étudié.

Par exemple, dans un système informatique, nous nous intéressons au nombre de processus en cours de traitement sur l'unité centrale, l'état de ces processus (en attente, prêt ou actif), l'état des ressources partagées, la probabilité qu'un processus s'exécute, etc.

Dans les réseaux de communication, un paramètre de performances important est le *temps de réponse* qui mesure le temps qui sépare l'émission d'un message, de sa réception par le destinataire.

Dans les systèmes de production, un paramètre de performances important est le *débit* et l'état des différentes machines (en service ou en panne). On s'intéressera par exemple, au nombre de pièces produites par mois, ou encore au taux d'utilisation d'une machine qui mesure la proportion de temps pendant laquelle la machine est occupée.

Dans un domaine pratique, celui d'un guichet de poste par exemple, le paramètre de performance qui intéresse l'utilisateur est le *temps d'attente*. La direction s'intéressera, quant à elle, au *nombre moyen de clients* en attente au guichet. Si ce nombre, est important, il faudra envisager d'ouvrir des guichets supplémentaires.

Ainsi, les cinq paramètres de performance, les plus importants, que l'on souhaite déterminer dans de nombreux systèmes sont : le débit, le nombre moyen d'une entité donnée, le temps d'attente, le temps de réponse et le taux d'utilisation.

### 1.2 Pourquoi évaluer les performances d'un système ?

L'évaluation des performances d'un système peut se faire à deux niveaux : en conception ou en exploitation.

**En conception** : cela signifie que le système n'existe pas encore et qu'il s'agit de le concevoir en respectant un cahier des charges. Lorsqu'un système est simple, l'expérience

---

\*, Pr. N. GHARBI, Faculté d'Informatique - USTHB

du concepteur peut être suffisante. Cependant, la plupart des systèmes actuels sont de plus en plus complexes. Ainsi, il faut calculer, pour une configuration donnée du système, les paramètres de performances, afin de vérifier qu'ils sont bien en accord avec le cahier des charges ou pas.

Concevoir un système sans avoir mené auparavant d'analyse de performances, peut aboutir à la création d'un système inutilisable, car sous-dimensionné et ne respecte pas les objectifs initiaux ou bien surdimensionné et pour lequel on aura gaspillé inutilement de l'argent.

**En exploitation** : cette fois-ci, le système existe, mais on souhaite le modifier ou le tester en dehors de son point de fonctionnement normal. La modification rejoint un peu la conception. Il s'agit en effet de concevoir un système différent répondant à de nouveaux objectifs. Il s'agira par exemple de modifier un atelier de fabrication dont la capacité de production n'est plus suffisante. L'ingénieur propose de changer telle machine pour la remplacer par une machine deux fois plus rapide. Il faudra alors analyser les performances de ce nouveau système, pour vérifier que ce changement permet d'atteindre l'augmentation désirée de la production. Si ce n'est pas le cas, cela signifie peut-être que ce n'était pas cette machine qui ralentissait la production globale de l'atelier. Son changement aurait donc été inutile, ou en tout cas insuffisant, vis-à-vis de l'objectif fixé. Il peut être également intéressant de tester l'atelier de production dans des conditions anormales de fonctionnement telles que des pannes de machines ou des surcharges de travail. C'est encore un cas où la mesure réelle est non envisageable. Un exemple caricatural illustrant cette dernière remarque est celui d'une centrale nucléaire. Si l'on s'intéresse par exemple à la limite de résistance des réacteurs, il est clair qu'on ne va pas pousser à fond ces réacteurs pour constater à partir de quel moment la centrale explose.

En conclusion, construire le système adapté ou bien modifier un système existant, en respectant le plus possible les objectifs du cahier des charges, est une démarche qui doit passer obligatoirement par une étape de modélisation et d'analyse ou d'évaluation des performances.

## 1.3 Étapes de l'évaluation des performances<sup>†</sup>

Étant donné que l'on ne peut mesurer directement les paramètres de performances puisque le nouveau système n'existe pas encore, il s'agit de proposer un *modèle* adapté permettant de décrire au mieux les paramètres et le fonctionnement réel du système.

L'évaluation des performances d'un système réel peut être schématisée de la façon présentée dans la Figure 1.1 donnée ci-dessous.

Ce schéma se décompose en une étape de *modélisation* permettant de passer du système au modèle et une étape d'*analyse des performances* du modèle. Le rebouclage n'a lieu que si les performances obtenus ne sont pas celles espérées ie. que tous les problèmes détectés dans l'analyse, sont signalés comme des anomalies de la conception. Ainsi, la conception est revue puis le système est modélisé et analysé encore une fois. Ce cycle est répété jusqu'à ce que l'analyse ne révèle aucun problème.

---

<sup>†</sup>. Prof. N. GHARBI, Faculté d'Informatique - USTHB

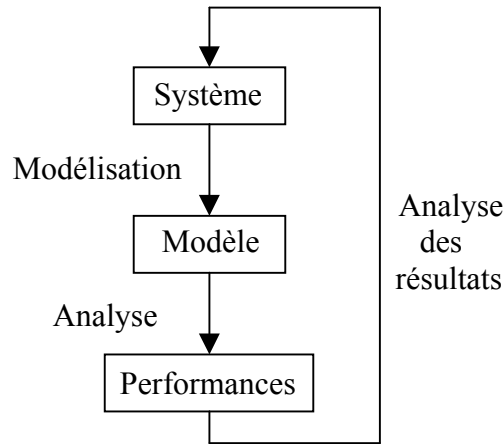


FIGURE 1.1 – Schéma d'évaluation des performances d'un système

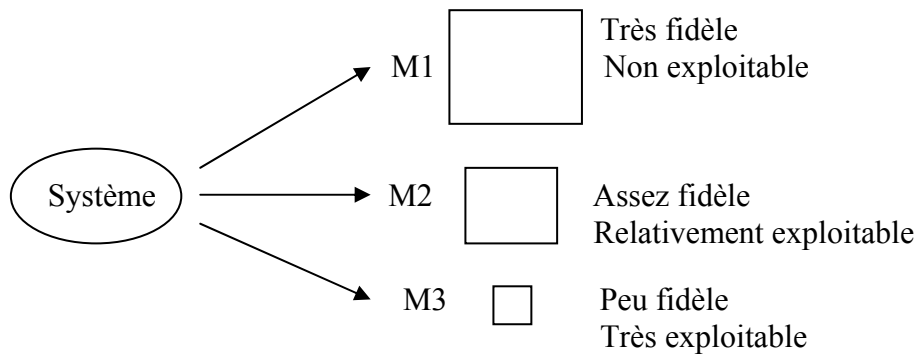


FIGURE 1.2 – Choix d'un modèle

## 1.4 Modélisation

**Définition :** Un modèle est une abstraction mathématique d'un système réel.

En fonction du degré d'abstraction, on obtient un modèle plus ou moins fidèle. Si l'on prend en compte tous les paramètres influant sur le système réel, on aboutit à un modèle  $M1$  très fidèle et dont les performances obtenues seront très proches de celles du système réel, mais énorme et difficile à analyser. A l'opposé, on peut construire un modèle  $M3$  extrêmement simple ie. peu fiable dans lequel on a négligé un grand nombre de phénomènes du système réel, mais très facile à analyser. Cependant, les résultats ne seront pas très exacts. En général, il est intéressant de choisir un modèle intermédiaire  $M2$  qui est plus fidèle que le modèle  $M3$ , et dont l'analyse est moins complexe que celle de  $M1$ .

Un modèle peut être décrit par un ensemble d'équations ou à l'aide d'un formalisme mathématique. Différents types de formalismes ont été développés, tels que : les chaînes de Markov, les files d'attente, les réseaux de Petri, etc.

**Types de modèles :**<sup>‡</sup>

- Analytique (équations)/ algorithmique (logiciel) /descriptif (physique) ;
- Statique (indépendant du temps) / dynamique(dépendent du temps) ;

<sup>‡</sup>. Prof. N. GHARBI, Faculté d'Informatique - USTHB

- Déterministes (évolution connue) / stochastique (probabiliste ou aléatoire) ie. il dépend de facteurs aléatoires ;
- Discret (ensemble des états possibles dénombrable  $\subseteq INouZ$ ) / Continu (espace d'états non discret  $\subseteq IR$ ).

Les modèles hybrides combinent les types précédents.

Il est important de noter que l'analyse des performances se fait sur le modèle. Ce que l'on obtient, ce sont donc les performances du modèle et non celles du système. On comprend alors l'importance de l'étape de modélisation.

## 1.5 Comment évaluer les performances d'un système ? §

Une fois un modèle construit dans le formalisme choisi, il s'agit de l'analyser. On distingue deux grands types d'analyse, l'*analyse qualitative* et l'*analyse quantitative* :

**Analyse qualitative** : elle consiste à définir les propriétés *structurelles* et *comportementales* du système, telles que l'absence de blocage, la finitude du système, etc. Par exemple, dans un réseau de communication, si une machine *A* attend un message d'une machine *B* pour pouvoir poursuivre son processus de communication, et que dans le même temps la machine *B* attend un message de la machine *A*, le système est dans un état d'inter-blocage (deadlock) et ne peut plus évoluer. L'étude qualitative nous renseignera sur l'éventualité d'un tel état. Il s'agira alors de modifier le protocole de communication pour que cela ne puisse se produire. Parmi les formalismes les plus utilisés pour l'analyse qualitative des systèmes, nous citons le formalisme *réseau de Petri*.

**Analyse quantitative** : elle consiste à calculer les paramètres de performances du système.

Il est conseillé de faire une analyse qualitative auparavant, car les techniques d'évaluation des performances peuvent fournir des résultats erronés si par exemple le système présente certains problèmes tel un inter-blocage.

Il existe deux grands types de méthodes d'analyse quantitative des performances : la *simulation* et les *méthodes analytiques*.

1. **La simulation** consiste à reproduire l'évolution du modèle, pas à pas, en étudiant une réalisation particulière de celui-ci. Elle consiste ainsi, à conduire des expériences sur le modèle. L'avantage de la simulation est d'offrir une approche très générale permettant d'étudier des modèles complexes dès l'instant où l'outil de simulation est adapté au modèle considéré. Un autre avantage est qu'elle permet de simuler en quelques minutes un processus évoluant des années. Le gros inconvénient de la simulation est d'être une technique extrêmement gourmande en temps de calcul et les résultats obtenus sont approximatifs ie. approchés (plus la simulation est longue plus les résultats sont exacts).

### Logiciels de simulation :

On peut utiliser les langages universels : FORTRAN, Pascal, C, Java, etc, comme on peut utiliser des langages spécifiques orientés vers la résolution de tel ou tel système :

- Systèmes de production : GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA. - Systèmes de télécommunication et réseaux : GLOMOSIM, Network Simulation (NS).

2. Les méthodes analytiques proposent de calculer les paramètres de performances de façon mathématique en résolvant les équations sous-jacentes. Leur intérêt réside principalement dans leur résolution généralement peu coûteuse en temps de calcul et les résultats obtenus sont exacts.

Malheureusement, la classe des modèles que l'on sait analyser de façon exacte par les méthodes analytiques est relativement limitée. Dans le cas où une solution exacte n'est pas envisageable, on peut utiliser des **techniques analytiques approximatives**, qui en introduisant une approximation raisonnable, permettent de simplifier considérablement l'analyse.

Il est clair que si l'on peut obtenir les performances d'un système en quelques secondes, à l'aide d'une technique analytique, il serait stupide de faire tourner une simulation pouvant durer plusieurs heures pour n'obtenir que des valeurs approchées. Par conséquent, la simulation intervient là où les méthodes analytiques sont trop compliquées ¶.