

Outline

1 Avant propos

2 Introduction

3 Evaluation des performances

4 Modélisation

5 Variables de performances

6 Conclusion



Modélisation et évaluation de performances

Rahim Kacimi
Université de Toulouse
kacimi@irit.fr

Janvier 2022

Dans ce cours ...

- L'évaluation de performance: qu'est-ce et pourquoi?
- Le processus de modélisation
- La simulation
 - Simulation à événements discrets
 - Les outils de simulation
 - Autres formes de simulation
- L'analyse opérationnelle
 - Formule opérationnelle de Little
- Les méthodes analytiques : files d'attente
 - Processus de naissance et de mort
 - File élémentaire M/M/1 et files dérivées (M/M/m M/M/1/K...)
 - Réseaux de files d'attente de type Jackson, Gordon-Newell, BCMP



Organisation du cours

Prérequis: Premier cours de probabilité + savoir programmer

Forme d'enseignement: Cours (6h) + TD (4h) + TPs (8h) + Projet

Forme du contrôle: CCTP×0.2 + Projet×0.8



Motivations

- Problèmes de performances dans les systèmes industriels
- S'assurer a priori du bon fonctionnement des systèmes relativement complexes
- Trois cas d'étude :
 - système non existant, ... connaître le fonctionnement prévisible que l'on peut attendre
 - une partie existe (ex. maquette) ... dimensionner le système entier
 - système existant ... optimiser le fonctionnement



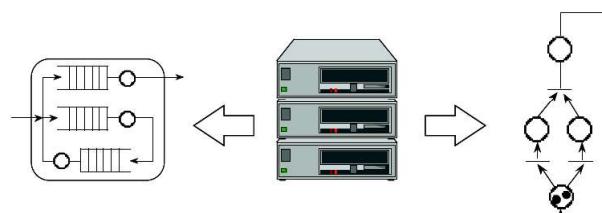
Evaluation qualitative / quantitative

- Il existe deux approches d'évaluation pour un système, l'approche qualitative et l'approche quantitative.
- L'évaluation qualitative s'intéresse à définir des propriétés structurelles et comportementales.
 - Absence de blocage
 - Existence d'une solution
 - Gestion de la concurrence
- L'évaluation quantitative consiste à calculer les critères de performances du système.
 - Débit
 - Temps de réponse
 - ...



Formalisme qualitatif / quantitatif

- L'analyse quantitative est essentiellement réalisée à l'aide de files d'attente.

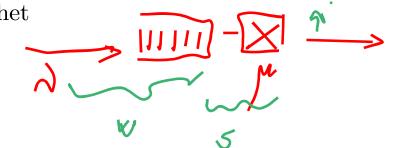


- L'analyse qualitative fait appel aux Réseaux de Pétri ou aux langages formels (Lotos, Esterelle...).



L'évaluation de performance

- L'évaluation de performance s'intéresse aux valeurs quantitatives d'un système.
- Guichet SNCF
 - Temps d'attente des usagers
 - Nombre de clients, débit d'un guichet
- Réseaux de communication
 - Débits en paquets, cellules ...
 - Taux de pertes, de retransmission ...
- Atelier de production
 - Taux d'utilisation d'une machine
 - Temps de fabrication



Pourquoi évaluer les performances ?

- Phase de conception
 - Le système n'existe pas
 - Dimensionner le système futur selon le cahier des charges
 - Sous-dimensionnement : (Performances insuffisantes, Fiabilité aléatoire, Evolution onéreuse)
 - Sur-dimensionnement : (Sur-coût inutile, Réalisation parfois impossible)
- Phase d'exploitation
 - Optimiser le système
 - Etudier le système sous des conditions critiques
 - Etudier l'évolution possible du système.



Modélisation - Définitions

Modèle : représentation abstraite du système physique à étudier

Modélisation : étape permettant de mettre en oeuvre le modèle.

- Cette phase dépend grandement des critères de performances que l'on se fixe
- Impossible de représenter complètement un système

⇒ **Importance du « niveau d'étude » ou granularité**



Le processus de modélisation

- L'étude d'un système réel dans un environnement opérationnel est rarement réalisable (coût, difficulté)
- Le système peut ne pas encore exister !
 - ⇒ On va représenter le fonctionnement d'un système de manière plus ou moins précise
 - ⇒ Pour cela on va s'appuyer sur des outils permettant d'approcher le comportement du système
- Cette phase de **substitution d'un système réel par un modèle** se nomme la **modélisation**
- *Modèle mathématique ou modèle logique*
- Cette étape, longtemps ignorée, s'impose de plus en plus.



Pourquoi ?

- Mieux appréhender le fonctionnement des systèmes
- Dimensionnement
 - La consommation CPU n'est pas gratuite
 - La mémoire n'est pas infinie
- Savoir où l'on va
 - Liaison Prix/Performance
- Prendre rapidement en compte l'évolution technologique



Quand ?

- Durant tout le cycle de vie du système
 - spécification
 - conception
 - implémentation
 - exploitation
- Plus l'évaluation a lieu tôt plus elle est efficace
 - Détection tôt des problèmes
 - Evaluation des différentes options

⇒ "Il vaut mieux prévenir que guérir"

- Vie du modèle
 - évolution avec le système
 - évaluation des changements



Aide à l'implémentation

- Détermination des débits
- Dimensionnement des parties pour une charge donnée
 - Détermination des goulots d'étranglement
- Temps de réponse
- Sensibilité aux paramètres
-



Aide à la conception

- Détermination entre les types d'architectures
- Répartition des différents processus
- Types de synchronisation entre processus à mettre en place
- Temps des communications entre processus
- Choix du protocole pour les communications
-



Aide à l'exploitation

- Détermination d'une stratégie adaptée en cas de pannes
- Evolution du système en fonction de la variation d'exploitation



Méthodes

Les principales méthodes quantitatives sont :

- l'**intuition**
- la **mesure**
 - sondes matérielles
 - sondes logicielles
- l'**analyse opérationnelle** → *Little's Law*
- les **solutions mathématiques (méthodes analytiques)**
 - solutions exactes
 - solutions approchées
- les **simulations sur ordinateur**
 - à événements discrets
 - autres formes de simulation

$$E[n] = \lambda \cdot E[r]$$

Little's Law

$$\bar{N} = \lambda \cdot \bar{T}$$



La mesure

- Elle demande l'existence d'un système ce qui réduit la classe des cas possibles
- En revanche, les mesures de performances sont celles du système réel et non celles d'un modèle
 - Les sondes matérielles permettent de ne regarder que ce que l'on veut, si on peut identifier ce que l'on veut
 - Les sondes logicielles permettent de mesurer ce qui n'est pas mesurable matériellement (nombre d'appels système par exemple) mais introduisent des perturbations dans les mesures

⇒ Problème de la collecte d'informations

⇒ Instrumentation lourde

⇒ Interprétation délicate des résultats



Méthodes - comparaison

- **Intuition**
 - Simples,
 - peu coûteuses,
 - limitées
 - Fondées sur l'expérience
 - Manque de fiabilité
- **Mesure**
 - Précises
 - Difficiles à mettre en place
 - Coûteuses
 - Interprétations difficiles
 - Le système doit exister !

⇒ MODELISATION



Méthodes - comparaison

- **Compromis Intuition/Mesures**
 - Plus fiable que l'intuition
 - dynamique du système
 - détection des effets secondaires
 - Plus souple que l'expérimentation
 - modification des configurations : facile
 - analyse de sensibilité aux différents paramètres
 - Ne nécessite pas l'existence du système



Modèles

- Les chaînes de Markov
- Les files d'attente
- Les réseaux de Petri stochastique
- Les automates à états finis

Remarque : il n'y a pas de formalisme meilleur que les autres dans l'absolu.
Il convient le plus souvent de choisir le formalisme en fonction de la nature du problème traité.



Modélisation

• Avantages

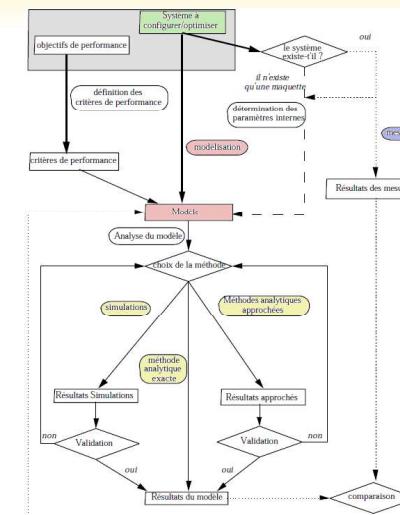
- Résultats fiables
- Formalisme rigoureux
- Vue globale du système
- Recul par rapport à l'architecture globale
- Implique la compréhension de la dynamique des systèmes
- Améliore la communication entre les équipes

• Obstacles

- Démarche de modélisation très peu répandue
- Non connaissance des outils de modélisation
- Nécessité de connaître le système à modéliser
 - Difficultés de dialogue avec les concepteurs
- Données d'entrées
 - Difficultés d'obtention
- On sait faire des mesures:
 - Attendons que le système existe cela sera beaucoup plus précis!

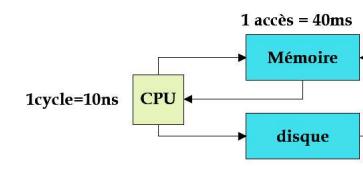


Modélisation - représentation



Exemple de modèles

- Modèles physiques de perturbations atmosphériques
- Modèles de propagation d'ondes
- Modèles de communications téléphonique. Il peut y avoir plusieurs variantes: fixe, mobile, satellites, ToIP...
- Modèles de protocoles
- Modèles d'ordinateurs



**IL NE FAUT RETENIR QUE CE QUI EST IMPORTANT
POUR LES RESULTATS QUE L'ON RECHERCHE**



Comment feriez vous un modèle d'Ethernet?

- Quels sont les éléments importants/indispensable du protocole?
 - Comment prendre en compte les collisions?



Variables de performance

Les variables de performances mesurent d'un côté l'efficacité du système et de l'autre, sa capacité de croissance. Les principales variables mesurant les performances d'un système sont:

- **Durée:** temps écoulé entre deux événements de type différent.
L'exemple principal est le **temps de réponse**: c-à-d le temps écoulé entre l'arrivée d'une transaction à un système et son départ.
 - **Productivité ou débit (throughput):** nombre d'événements d'un même type qui se produisent par unité de temps. Il peut être mesuré par le nombre d'événements par unité de temps ou par son inverse, le temps entre deux événements consécutifs de même type. Le principal exemple est la productivité de sortie d'un système, c'est à dire le nombre de sorties générées par le système par unité de temps.
 - **Taux de pertes:** le pourcentage d'arrivées au système qu'il n'est pas capable de traiter.



Variables de performance

- **Taux d'utilisation d'une ressource:** fraction de temps où la ressource considérée est occupée par le traitement des demandes. C-à-d, le rapport entre le temps total de travail et le temps de connexion ou d'observation.
 - **Longueur de file:** nombre de clients (transactions, messages, programmes, ...) en attente de recevoir le service d'une station (CPU, disque, sémaphore, système de communication, ...).



Conclusion

- ▶ Deux types d'expériences
 - Modélisation en conception
 - Méthode efficace et précise d'évaluation des architectures systèmes
 - Modélisation d'un système existant
 - bon couplage Mesures Modélisation
 - évaluation a priori des configurations différentes avec un bon degré de confiance
 - ▶ Gain de temps de développement
 - ▶ Réduction de coûts

