

Simulation avancée



Dr.Soumaya BOUNAIRA

Enseignante-chercheuse

Université Abdelhafid boucouf Mila

Faculté des sciences et technologie

Département d'informatique

Email : s.bounaira@centre-univ-mila.dz

Table des matières



I - Chapitre1 : Introduction à la Simulations	3
1. Objectifs du Chapitre	3
2. Introduction	3
3. Systèmes	3
4. Modélisation et simulation	5
4.1. <i>Modélisation</i>	5
4.2. <i>Simulation</i>	5
5. Types et étapes de simulation	6
5.1. <i>Types de simulation</i>	6
5.2. <i>Étapes de simulation</i>	6
6. Paradigmes de simulation	8
7. Conclusion	9
8. Exercice : Test d'acquisitions	10
Solutions des exercices	11
Bibliographie	13

Chapitre 1 : Introduction à la Simulations

I

1. Objectifs du Chapitre

À la fin de ce chapitre, l'étudiant sera capable de :

- **Définir** les concepts fondamentaux de la simulation, notamment les notions de système, de modèle et de simulation.
- **Décrire** les différentes étapes du processus de simulation ainsi que les principaux types de simulation.
- **Expliquer** la relation entre modélisation et simulation dans l'étude des systèmes.
- **Distinguer** les différents paradigmes de simulation et leurs caractéristiques.

2. Introduction

Comme une technique de modélisation et d'aide à la décision, la simulation consiste à évaluer à échelle réduite des scénarios d'organisation d'un système avant de les mettre en œuvre tout en reproduisant son comportement dynamique sur ordinateur pour mieux le connaître, maîtriser son évolution dans le temps dans un environnement donné et évaluer ses performances. Elle base particulièrement sur la conceptualisation du problème et sa traduction au moyen d'un modèle constitué de primitives relativement abstraites qui imitent la réalité pour bien étudier le système et prédire son comportement futur. Ensuite, on réfère à la simulation dans le cas où on ne peut pas appliquer les modèles mathématiques ou les heuristiques classiques à cause de la variabilité des échelles temporelles et spatiales ou bien de la complexité de la situation. La simulation a été, pour la première fois, utilisée en 1950 dans la planification stratégique au niveau militaire. Elle n'a gagné sa popularité dans les domaines manufacturiers et de services qu'au début des années quatre-vingt. Pour plusieurs compagnies, la simulation est devenue une pratique standard lorsqu'une nouvelle usine est à implémentée ou un changement de procédé nécessite d'être évalué. Les études indiquent que la simulation se classe au premier rang devant les techniques de recherche opérationnelle et de sciences de gestion en terme de popularité et d'utilité.

3. Systèmes

Définition

Un système est **un ensemble d'éléments** en interaction organisés pour **atteindre un objectif**. Exemple : une entreprise, une chaîne de production, un réseau informatique, un organisme biologique.

Caractéristiques d'un système

Comme illustré dans la figure 1.1, les caractéristiques d'un système sont résumées en 4 caractéristiques qui sont détaillées ci-dessous :

1. **Entrées (inputs)** : ressources, informations, stimuli.
2. **Sorties (outputs)** : produits, services, résultats.
3. **Frontières** : limites du système.
4. **Environnement** : ce qui entoure et influence le système

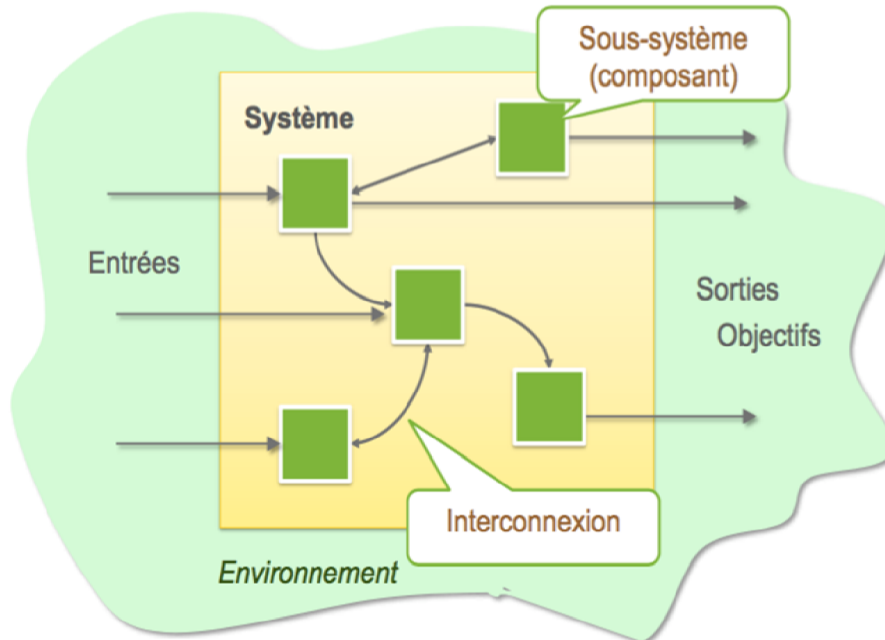


Figure 1.1: Caractéristiques d'un système.

4. Modélisation et simulation

4.1. Modélisation

Définition

C'est la représentation simplifiée d'un système réel afin de mieux le comprendre ou l'analyser. Peut être **physique (maquette)**, **mathématique (équations)**, ou **informatique****.

4.2. Simulation

Définition

C'est l'expérimentation sur le modèle pour étudier le comportement du système sans agir directement sur le réel.

Exemple : au lieu d'expérimenter sur une usine réelle (coûteux, risqué), on modélise son fonctionnement et on simule différentes configurations (nombre de machines, employés, etc.).

Notion de simulation

Simuler le fonctionnement d'un système consiste à imiter son évolution au cours du temps en manipulant un modèle. Il s'agit donc d'une méthodologie essentiellement pratique qui permet de modéliser aussi bien des systèmes purement conceptuels que des systèmes déjà existants. Elle peut être utilisée pour :

- Décrire et analyser la dynamique d'un système.
- Répondre à des questions de type « **What if ?** » (« Que se passerait-il si... ? ») concernant le système réel
- Aider à la conception d'un système réel.

Ainsi :

La simulation est **une technique** qui permet d'étudier le comportement d'**un système dynamique** en construisant un modèle logiciel de celui-ci.

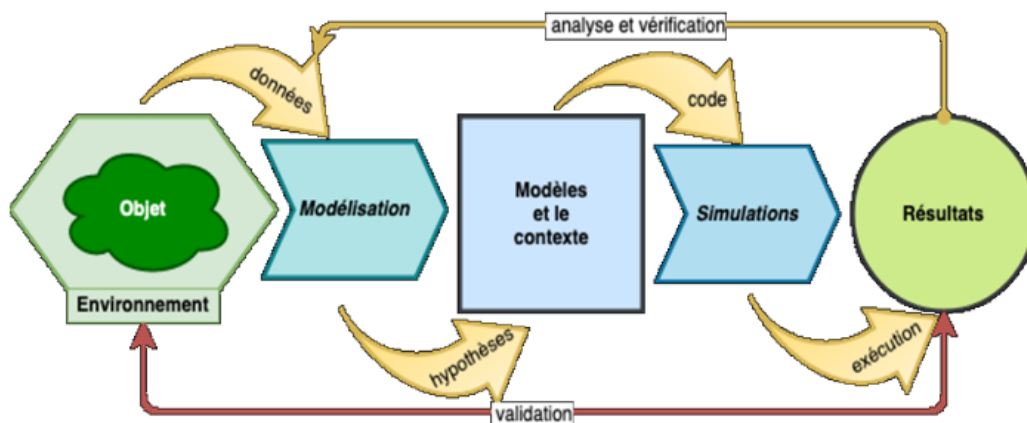


Figure 1.2: Architecteure d'un systeme

5. Types et étapes de simulation

5.1. Types de simulation

Pour représenter correctement un système réel, il est essentiel de choisir le type de simulation le mieux adapté à la nature du phénomène étudié. En effet, les modèles de simulation peuvent être classés selon la présence ou non d'aléa, mais également selon la manière dont les variables évoluent au cours du temps.

Cette classification permet de sélectionner les méthodes, les outils et les techniques d'analyse les plus appropriés.

On distingue généralement quatre types de simulation **: :

- **Simulation déterministe** : absence d'aléa.
À conditions initiales identiques, les mêmes entrées produisent toujours les mêmes sorties.
Exemple : les équations physiques décrivant le mouvement d'un pendule.
- **Simulation stochastique** : présence de phénomènes aléatoires.
Les résultats peuvent varier d'une exécution à une autre, même avec les mêmes paramètres initiaux.
Exemple : le temps d'arrivée des clients dans une banque.
- **Simulation continue** : les variables d'état évoluent de manière continue dans le temps.
Exemple : l'évolution de la température d'un moteur.
- **Simulation à événements discrets** : l'évolution du système se fait par changements brusques (sauts), à des instants précis correspondant à des événements.
Exemple : l'arrivée d'un client ou la fin d'un service dans une file d'attente.

5.2. Étapes de simulation

La simulation est une démarche méthodologique qui permet de **représenter, d'analyser et d'expérimenter** virtuellement le comportement d'un système réel, qu'il soit industriel, économique ou organisationnel. Afin de garantir la fiabilité des résultats obtenus, la construction d'un modèle de simulation suit généralement un processus structuré en trois grandes étapes complémentaires[1] :

1. Étape 1 : Analyse du problème

Cette étape permet de préciser le contexte de l'étude. Elle se décompose en :

- Identification du problème et spécification des objectifs.
- Réalisation d'une première ébauche du modèle afin d'en délimiter les frontières et de préciser les données nécessaires.
- Validation auprès de l'utilisateur (à l'origine de l'étude).

2. Étape 2 : Construction du modèle

Cette étape comprend :

- La modélisation logico-mathématique, éventuellement facilitée par un outil graphique.
- La programmation proprement dite.

Il est important, dès cette phase, de concevoir un programme facilement modifiable. Il convient notamment de distinguer clairement :

- le système physique,
- le système de conduite (ou de pilotage),
- le système d'information.

Lors de la première itération, cette étape se termine par une validation consistant à comparer le comportement du modèle avec celui du système réel qu'il est censé représenter.

3. Étape 3 : Exploitation du modèle

Cette phase nécessite :

- Une définition précise de la campagne d'exploitation (hypothèses à tester, contexte de l'étude).
- La production de mesures à travers les simulations.
- La mise en forme et l'analyse des résultats obtenus, ainsi que leur comparaison aux objectifs fixés

Si les objectifs ne sont pas atteints, de nouveaux scénarios sont proposés et testés jusqu'à satisfaction.

Dans la mesure où la plupart des modèles comportent des éléments aléatoires, cette étape exige de déterminer rigoureusement :

- La durée de la simulation.
- Le nombre de répliques (exécution du modèle).

Elle fait également appel aux outils statistiques afin de caractériser le comportement du modèle, par exemple :

- le calcul d'intervalles de confiance,
- le calcul de coefficients de corrélation,
- d'autres indicateurs statistiques pertinents.

Les différentes étapes détaillées sont illustrées dans la figure 1.3.

Définir le problème et les objectifs (Exemple : réduire le temps d'attente des clients dans une agence bancaire).

- Collecter les données réelles (Taux d'arrivée, durées de service, etc.).
- Construire le modèle conceptuel (décrire le système et ses relations).
- Implémenter le modèle informatique (à l'aide d'un langage ou d'un logiciel comme Arena, Simulink, etc.).
- Vérifier et valider le modèle.
- Vérification : le modèle fonctionne-t-il correctement ?
- **Validation** : le modèle représente-t-il bien la réalité ?
- Exécuter la simulation et analyser les résultats (observer les performances, faire des comparaisons).
- Interpréter les résultats et conclure (proposer des améliorations, recommander des décisions).

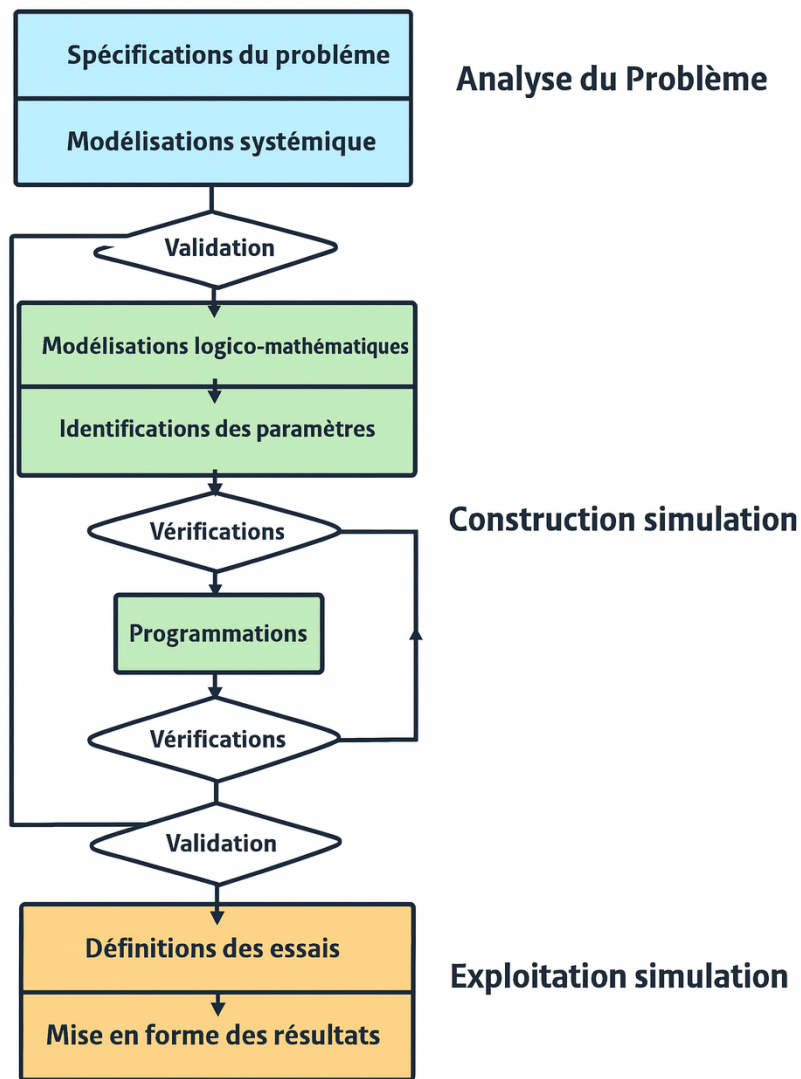


Figure 1.3: Étapes de simulation.

6. Paradigmes de simulation

1. Simulation à événements discrets (DES)

- Les changements d'état du système se produisent à des instants précis, lors d'événements ponctuels.
- Elle est utilisée pour modéliser les files d'attente, les systèmes de production et les réseaux.
- Logiciels courants : Arena, SimEvents, SimPy.

2. Simulation de Monte Carlo

- Basée sur la génération de nombres aléatoires afin d'estimer un phénomène complexe.
- Très utilisée en finance, en statistique et en physique.

3. Simulation continue

- Modélise des phénomènes dont les variables évoluent de manière continue dans le temps, généralement décrits par des équations différentielles.
- Exemples : croissance d'une population, dynamique des fluides.

4. Simulation multi-agents

- Le système est représenté comme un ensemble d'agents autonomes en interaction.
- Chaque agent possède un comportement propre, des objectifs et réagit à son environnement.
- Utilisée pour modéliser des systèmes complexes tels que le trafic routier, les écosystèmes ou les marchés économiques.

7. Conclusion

La simulation est l'un des outils **d'aide à la décision** les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires de systèmes complexes. Elle consiste à construire un modèle représentant un système réel, puis à mener des expérimentations sur ce modèle afin de comprendre son comportement et d'en améliorer les performances.

8. Exercice : Test d'acquisitions

[solution n°1 p.11]

Exercice

Un système est :

- ☐ Un ensemble d'éléments indépendants
- ☐ Un ensemble d'éléments en interaction
- ☐ Un modèle mathématique
- ☐ Une simulation

Exercice

La simulation permet de :

- ☐ Remplacer totalement le système réel
- ☐ Étudier le comportement d'un système
- ☐ Tester différents scénarios
- ☐ Supprimer les erreurs

Exercise

Un paradigme de simulation est :

- ☐ Une étape de simulation
- ☐ Une approche ou manière de simuler
- ☐ Un logiciel
- ☐ Un type de variable

Exercise

Définir les notions suivantes :

- Système
- Modèle
- Simulation

Exercice

On considère un système de file d'attente dans une banque.

1. Identifier les éléments du système (entrées, sorties, composants).
2. Proposer un type de simulation adapté.
3. Justifier votre choix.

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 10

Exercice

Un système est :

- ☐ Un ensemble d'éléments indépendants
- ☒ Un ensemble d'éléments en interaction
- ☐ Un modèle mathématique
- ☐ Une simulation

Exercice

La simulation permet de :

- ☐ Remplacer totalement le système réel
- ☒ Étudier le comportement d'un système
- ☒ Tester différents scénarios
- ☐ Supprimer les erreurs

Exercice

Un paradigme de simulation est :

- ☐ Une étape de simulation
- ☒ Une approche ou manière de simuler
- ☐ Un logiciel
- ☐ Un type de variable

Exercice

Définir les notions suivantes :

- Système
- Modèle
- Simulation

Exercice

On considère un système de file d'attente dans une banque.

1. Identifier les éléments du système (entrées, sorties, composants).
2. Proposer un type de simulation adapté.
3. Justifier votre choix.

Bibliographie



Law, A. M., Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, 2007.

Banks, J., Discrete-Event System Simulation, Pearson, 2010.

Cours Modélisation des Systèmes à Événement Discret „Khadija, Dehri, 2024/09/13 ,BOOK , doi 10.13140/RG.2.2.35032.51205

Livre , Kelton, W. D., Simulation with Arena, McGraw-Hill, 2014.

BOOK AU - Bontempi, Gianluca PY - 2022/09/20 SP - T1 - Cours de modélisation et simulation (in French)
VL - ER -

