

UNIVERSITÉ ABDELHAFID BOUSSOUF MILA

DÉPARTEMENT MATHÉMATIQUE

Simulation avancée

Dr. Bounaira Soumaya

Date: December 3, 2025

Contents

1	Introduction à la Simulations	1
1.1	Introduction	1
1.2	Systèmes	1
1.2.1	Définition	1
1.2.2	Caractéristiques d'un système	2
1.3	Modélisation et simulation	2
1.3.1	Modélisation	3
1.3.2	Simulation	3
1.3.2.1	Notion de simulation	3
1.4	Application de la simulation	4
1.5	Types de simulation	4
1.6	Étapes d'une étude de simulation	5
1.7	Paradigmes de simulation	7
1.8	Conclusion	7
	Bibliography	8

List of Figures

1.1	Caractéristiques d'un système.	2
1.2	Architecteure d'un systeme.	4
1.3	Étapes de simulation.	6

Introduction à la Simulations

1.1 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 implémenter 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.

1.2 Systèmes

Nous commençons ici à définir la notion de système de manière formelle.

1.2.1 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 bi-

ologique.

1.2.2 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 :

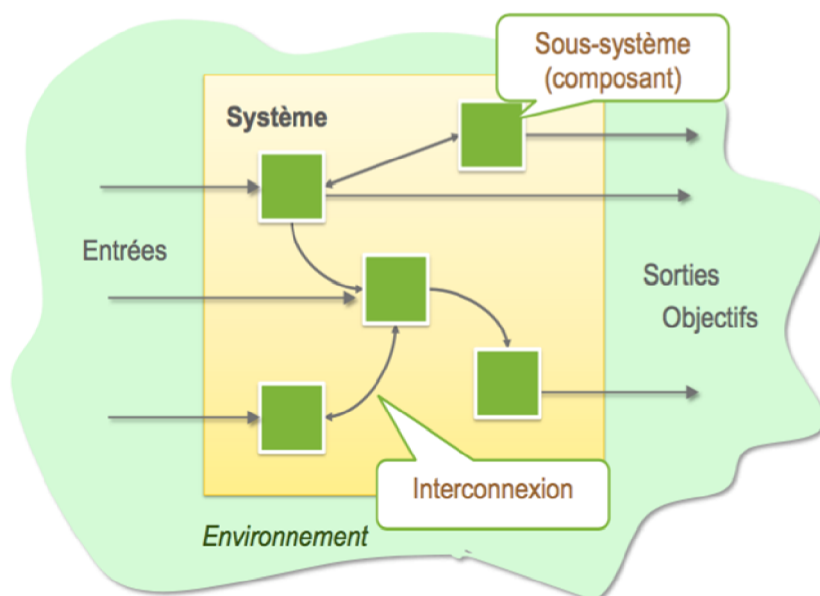


Figure 1.1: Caractéristiques d'un système.

- 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.

1.3 Modélisation et simulation

Dans toute étude portant sur un système réel, il est nécessaire de disposer d'un outil permettant d'en analyser le comportement sans intervenir directement sur ce système. La modélisation et la simulation répondent précisément à ce besoin. La modélisation fournit une représentation simplifiée mais cohérente du système étudié, tandis que la simulation permet de tester cette représentation sous différentes conditions. En combinant ces deux approches, il devient possible d'explorer, de comprendre et d'améliorer le fonctionnement d'un système de manière contrôlée, économique et reproductible.

1.3.1 Modélisation

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 (programme).

1.3.2 Simulation

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.).

1.3.2.1 Notion de simulation

Simuler le fonctionnement d'un système c'est imiter son fonctionnement au cours de temps en manipulant un modèle.

C'est donc une méthodologie essentiellement pratique qui permet de modéliser aussi bien des systèmes bien conceptuels que des systèmes existant déjà. Elle peut être utilisée pour :

- Décrire et analyser la dynamique d'un système.
- Répondre à la question de type "what if ? (qu'est-ce qui se passerait si) " sur le système réel.
- Aider à la conception d'un système réel .

Danc:

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

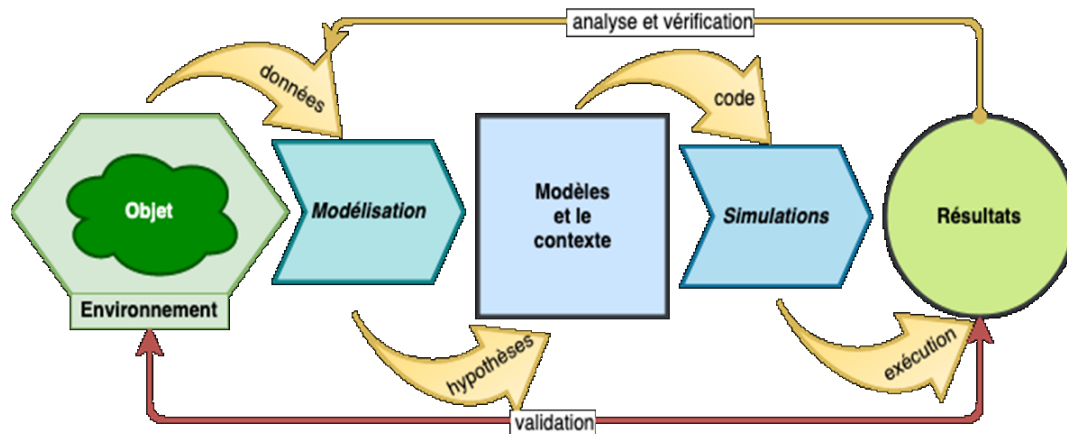


Figure 1.2: Architecteure d'un systeme.

1.4 Application de la simulation

Parmi les domaines dans lesquels elle est le plus utilisée, on peut citer:

- **L'informatique** : recherche de configurations, réseaux, architecture de bases de données, ...
- **La production**: gestion des ressources de fabrication, machines, stocks, moyens de manutention, ...
- **La gestion** : marketing, tarification, prévisions, gestion du personnel, ...
- **l'administration** : gestion du trafic, du système hospitalier, de la démographie, ...
- **L'environnement** : pollution et assainissement, météorologie, catastrophes naturelles, ...

1.5 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 aussi selon la manière dont les variables évoluent dans le temps. Cette classification permet de sélectionner les méthodes, outils et techniques d'analyse les plus appropriés.

On distingue généralement 4 types de simulation sont :

- **Simulation déterministe** : pas d'aléa → mêmes entrées donnent toujours les mêmes sorties.
Exemple : équations physiques d'un pendule.
- **Simulation stochastique** : inclut des phénomènes aléatoires.
Exemple : temps d'arrivée des clients dans une banque.

- **Simulation continue** : variables évoluent en continu dans le temps.
Exemple : température d'un moteur.
- **Simulation à événements discrets** : l'évolution du système se fait par sauts, lors d'événements précis.
Exemple : arrivée d'un client, fin de service.

1.6 Étapes d'une étude 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. Pour garantir la fiabilité des résultats obtenus, la construction d'un modèle de simulation suit généralement un processus structuré en trois grandes étapes complémentaires.

1) **Etape 1 : Analyse du problème** Elle permet de préciser le contexte de l'étude. Elle se décompose en:

- Identification du problème; spécification des objectifs.
- Réalisation d'une première ébauche du modèle qui a pour but d'en délimiter les frontières et de spécifier les données dont on a besoin.
- Validation auprès de l'utilisateur (celui qui est à l'origine de l'étude).

2) **Etape 2: Construction du modèle**

Elle comprend la modélisation logico-mathématique qui peut être facilitée par un outil graphique, et la programmation proprement dite. Il est important dès cette étape de construire un programme facilement modifiable et en particulier de distinguer clairement le système physique, le système de conduite et le système d'information. Dans sa première itération, cette étape se termine par une validation qui consiste à comparer le comportement du modèle avec celui du système physique qu'il est censé représenter.

3) **Etape 3: Exploitation du modèle**

Quand le modèle est validé, il peut servir à l'évaluation du comportement dynamique du système. Cette phase nécessite une définition précise de la campagne d'exploitation (quelles hypothèses veut-on vérifier, dans quel contexte), la production de mesures par la simulation proprement dite, la mise en forme et la comparaison des résultats obtenus aux objectifs poursuivis. S'ils n'ont pas été atteints, de nouveaux scénarios sont proposés et testés jusqu'à satisfaction.

Dans la mesure où la plupart des modèles comportent des aléas, cette étape nécessite que soient déterminés avec rigueur la durée de la simulation et le nombre de répliques (exécution du modèle de simulation) ; elle fait appel aux outils statistiques afin de caractériser le comportement du modèle par exemple : calcul d'intervalles de confiance, de coefficients de corrélation, ...

Les étapes détaillées sont illustrées dans la figure suivante 1.3:

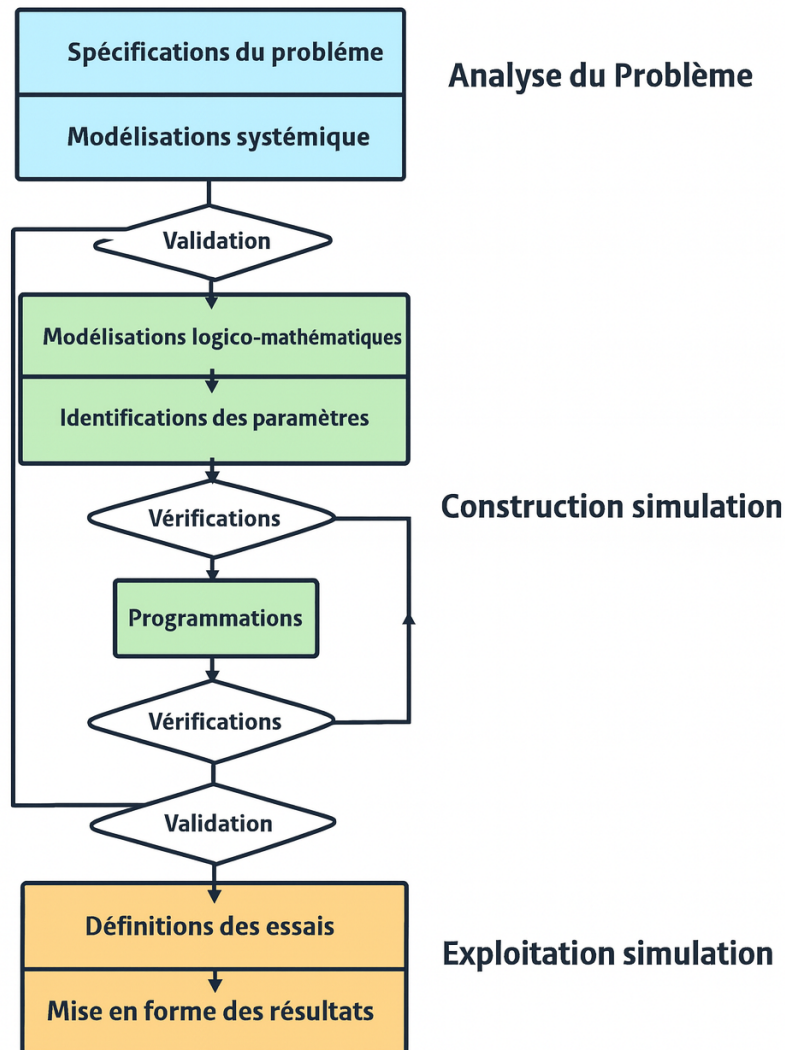


Figure 1.3: Étapes de simulation.

- 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).

1.7 Paradigmes de simulation

1) Simulation à événements discrets (DES) :

- Les changements se produisent lors d'événements ponctuels.
- Utilisée pour modéliser les files d'attente, systèmes de production, réseaux. Logiciels courants : Arena, SimEvents, SimPy.

2) Simulation Monte Carlo :

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

3) Simulation continue:

- Modélise des phénomènes évoluant de façon continue (équations différentielles).
- Exemple : croissance de population, dynamique des fluides.

4) Simulation multi-agents:

- Le système est vu comme un ensemble d'agents autonomes interagissant.
- Chaque agent a un comportement, des objectifs, et réagit à son environnement.
- Utilisée pour les systèmes complexes (trafic, écologie, marchés économiques).

1.8 Conclusion

La simulation est l'un des outils d'aide à la décision les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires des systèmes complexes. Elle consiste à construire un modèle d'un système réel et à conduire des expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement de ce système et d'en améliorer les performances.
