

Université de Msila

Faculté des mathématiques et de l'informatique

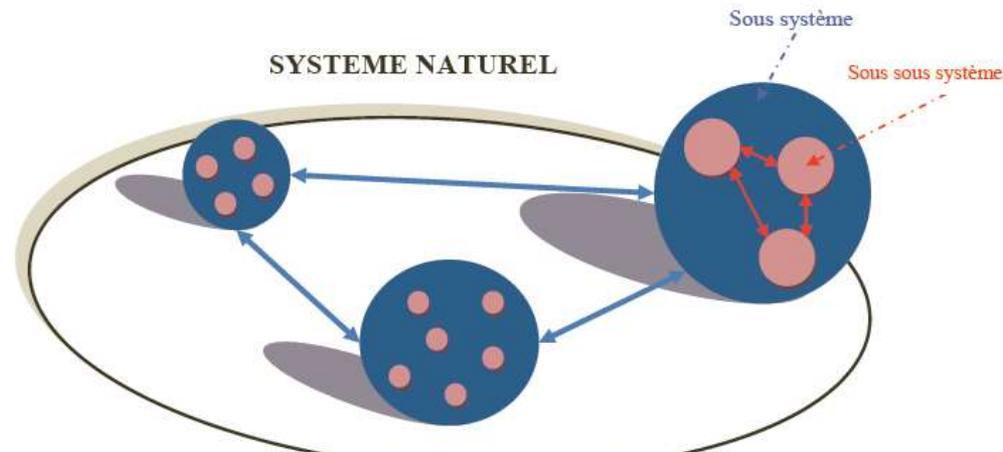
Département d'informatique

1^{ère} année Master IA

Modélisation et Simulation

Introduction

- **Notion de système**
- Un système correspond à un ensemble d'éléments en interaction, organisés en fonction d'un but déterminé.
- Ces éléments évoluent dans un ensemble d'environnements et forment un tout, ces parties ont chacune des fonctions bien déterminées à accomplir et une certaine autonomie.
- Cet ensemble interagit dans le temps ; il existe dans un milieu qui exerce sur lui des influences et sur lequel il peut agir
- Le but de cet ensemble est ; donc ; de produire des fonctions données et pour lesquelles il a été créé, chaque élément du système (qui peut être lui-même un sous-système, voire même un système) a un rôle bien déterminé à jouer



Introduction

- **Familles de systèmes**

- **Les systèmes naturels :**

Ces systèmes sont utilisés pour décrire des phénomènes naturels et leurs propriétés.

Le système moléculaire, Le système cellulaire, Le système nerveux, Le système immunitaire, Le système nuageux, Le système solaire,

- **Les systèmes artificiels :**

Dans ce cas, le système sert à décrire des concepts imaginés par l'activité humaine dans divers domaines.

- **En sciences de technologie de l'information et de la télécommunication**

Le système informatique, Le système expert, Le système de télécommunications, Le système de contrôle commande.

Introduction

- **L'interaction avec l'environnement :**
- Un système dont les éléments n'ont de relations qu'entre eux, à l'exclusion de toutes autres entités extérieures au système est dit *fermer*.
- En réalité, il est difficile de trouver des systèmes totalement fermés, et plus ou moins tous les systèmes que l'on est amené à observer et étudier dans la nature ou dans la société sont des systèmes ouverts, c'est-à-dire en relation avec leur *environnement*.
- La définition d'un système *ouvert* nécessite alors de faire la distinction entre les relations liant les entités du système à l'intérieur de celui-ci et les relations éventuelles que peuvent lier ses entités avec l'environnement.

Introduction

- **Complexité des systèmes**
- un système complexe est un système composé de nombreux éléments qui interagissent fortement entre eux et sur leur environnement.
- Ces interactions sont souvent non linéaires et contiennent généralement des boucles de rétroaction.
- Ces systèmes se caractérisent par l'émergence de phénomènes non observables au niveau des éléments constitués : un observateur externe appréhendera et comprendra différemment le système qu'un observateur interne au système.
- Il se caractérise donc par l'émergence au niveau global de propriétés nouvelles et par une dynamique de fonctionnement global difficilement prédictible à partir de l'observation et de l'analyse des interactions élémentaires.

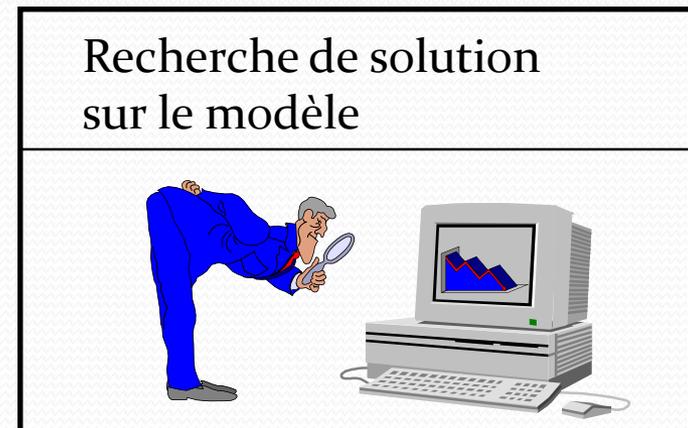
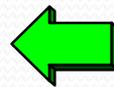
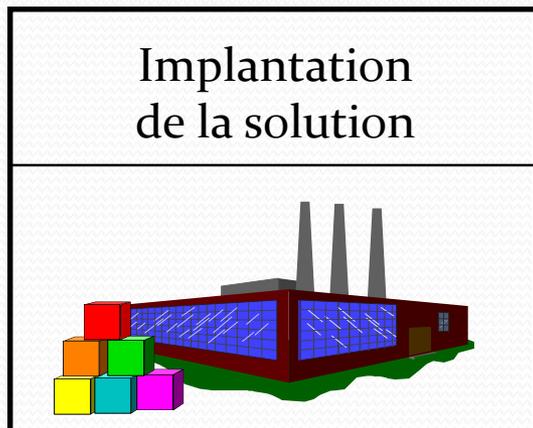
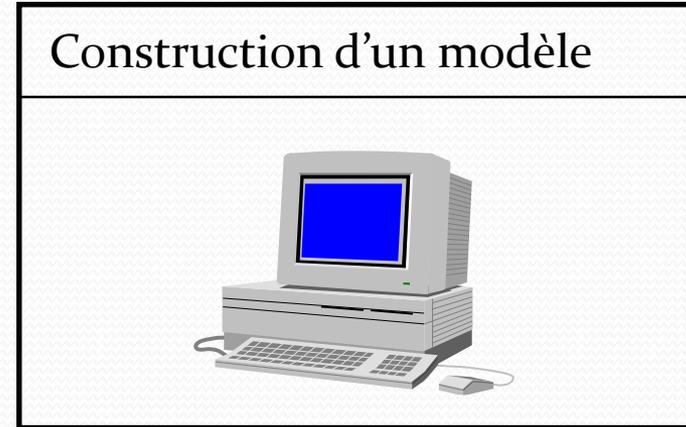
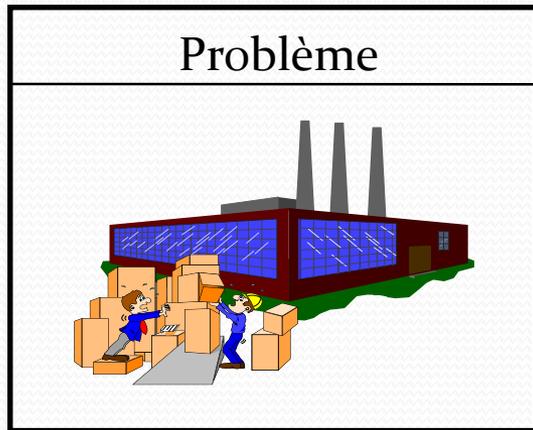
Introduction

- **Les systèmes réels et virtuels**
- Avec l'informatique s'est développée la possibilité de construire des simulations de systèmes complexes « réels » qui sont elles-mêmes des systèmes complexes « virtuels ».
- Les techniques informatiques utilisées dans ce domaine, et notamment celles de la vie artificielle, comprennent des techniques et méthodes diverses tels que les algorithmes génétiques, les modélisations basées objet, les systèmes multi agents, etc., qui prennent donc un statut un peu particulier.
- Elles sont en effet à la fois outils de modélisation pour l'étude de systèmes, qu'ils soient biologiques, économiques, industriels ou autres, et objets d'étude en eux-mêmes, permettant d'améliorer la compréhension de certaines des propriétés de ces systèmes.

Introduction

" Pour un observateur A, b est un modèle de B si A peut apprendre ,
à partir de b quelque chose d'utile sur le fonctionnement de B "

Minsky



Modélisation des systèmes

- L'objectif de la modélisation, dans son sens le plus général, est la connaissance du monde réel.
- Les sciences dites dures (physique, chimie, biologie, ...) ou les sciences humaines (économie, sociologie, psychologie, ...) proposent des modèles.
- Ces modèles sont d'abord validés par la confrontation de leurs résultats avec ceux d'expériences réalisables. Une fois validés, ceux-ci ont une valeur prédictive et suggèrent d'autres expériences non réalisées jusqu'à maintenant.
- Si ces nouvelles expériences corroborent les prédictions du modèle, alors la validation de celui-ci est confirmée, et la connaissance du domaine modélisé est réellement augmentée.

Modélisation des systèmes

- **Modèle** : Un modèle est une image simplifiée de la réalité qui nous sert à comprendre le fonctionnement d'un système en fonction d'une question.
- Tout modèle est constitué d'une part de la description de la structure du système, qui incorpore les spécifications sémantiques intégrées et d'autre part de la description des fonctionnements réguliers (ou non) et des dynamiques qui modifient cette structure au cours du temps.
- L'objectif de la modélisation, est la connaissance du monde réel. Les sciences dites dures (physique, chimie, biologie, ...) ou les sciences humaines (économie, sociologie, psychologie, ...) proposent des modèles.
- Ces modèles sont d'abord validés par la confrontation de leurs résultats avec ceux d'expériences réalisables.

Modélisation des systèmes

- **Types de modèles** : On distingue plusieurs types de modèles selon la nature du système étudié.
- **Modèle déterministe** : Ce modèle est basé sur l'élaboration d'équations précises ; le système est alors totalement prévisible.
- **Modèle stochastique** : Ce modèle introduit des phénomènes aléatoires ; il rend compte du « hasard » que nous retrouvons communément dans les écosystèmes.
- **Modèle par simulation** : Il présente généralement l'avantage de se dispenser d'une modélisation mathématique ardue, et autorise la représentation d'environnement comprenant un très grand nombre d'acteurs aux comportements différents. Il représente le modèle plongé dans le temps.
- **Modèle physique** : Un modèle physique est une maquette de la réalité, les modèles réduits sont encore très utilisés en particulier en raison de leur capacité à reproduire les phénomènes étudiés.

Modélisation des systèmes

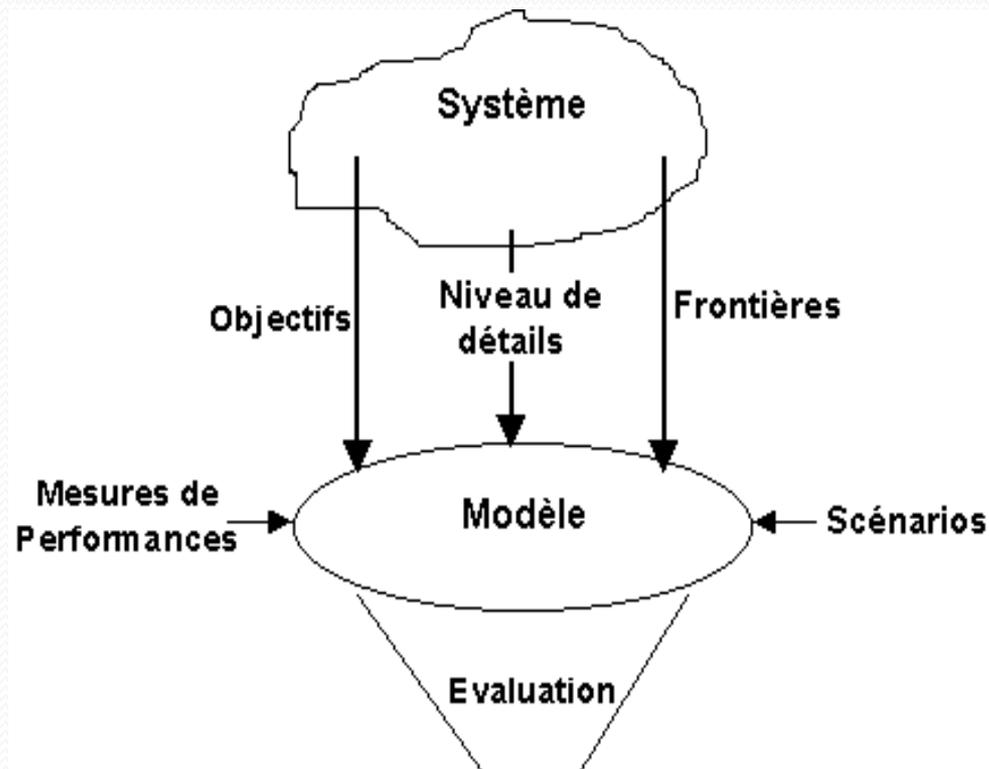
- **Modèle mathématique** : Le modèle mathématique est une traduction de la réalité pour pouvoir lui appliquer les outils, les techniques et les théories mathématiques. Ce modèle est constitué donc d'équations, elles mêmes constituées de variables.
- **Modèle informatique** : Dans ce modèle, la réalité est représentée par un ensemble de programmes informatiques, qui en s'exécutant décrivent l'évolution de la variation d'un ensemble de variables en fonction du temps. Le modèle informatique est le plus utilisé actuellement. Dans certains systèmes complexes, comme c'est le cas dans la construction d'avions ou d'automobiles, on utilise généralement des prototypes du système réel sur lesquels sont effectués des simulations informatiques.

Modélisation des systèmes

- **Outils de modélisation informatique:**
- **Le modèle entité / association** : Le modèle Entité/Association a été proposé pour la modélisation des données et des liens existant entre elles, avec des concepts simples et efficaces.
Il est bâti autour de trois concepts : Entité, Association et Propriétés et permet une description graphique.
- **Le modèle relationnel** : Le modèle relationnel permet une description tabulaire de données, c à d, les données sont structurées en tables (relations). De plus, l'algèbre relationnelle permet la manipulation de ces données en s'appuyant sur la théorie des ensembles. La méthode d'analyse MERISE s'appuie sur la combinaison des concepts entité/association et modèle relationnel.
- **Le modèle orienté objet** : Le modèle orientée objet considère le système comme une collection d'objets dissociés, identifiés et possédant des caractéristiques.

Modélisation des systèmes

- **Le modèle orienté agents** :L'approche orientée agents offre une façon beaucoup plus naturelle de concevoir les systèmes. Elle s'intéresse à la manière de diviser un problème en un ensemble d'entités distribuées et coopérantes et à la manière de partager la connaissance du problème afin d'en obtenir la solution. Ce domaine est apparu initialement pour résoudre les problèmes d'intelligence distribuée (IAD).



Simulation des systèmes

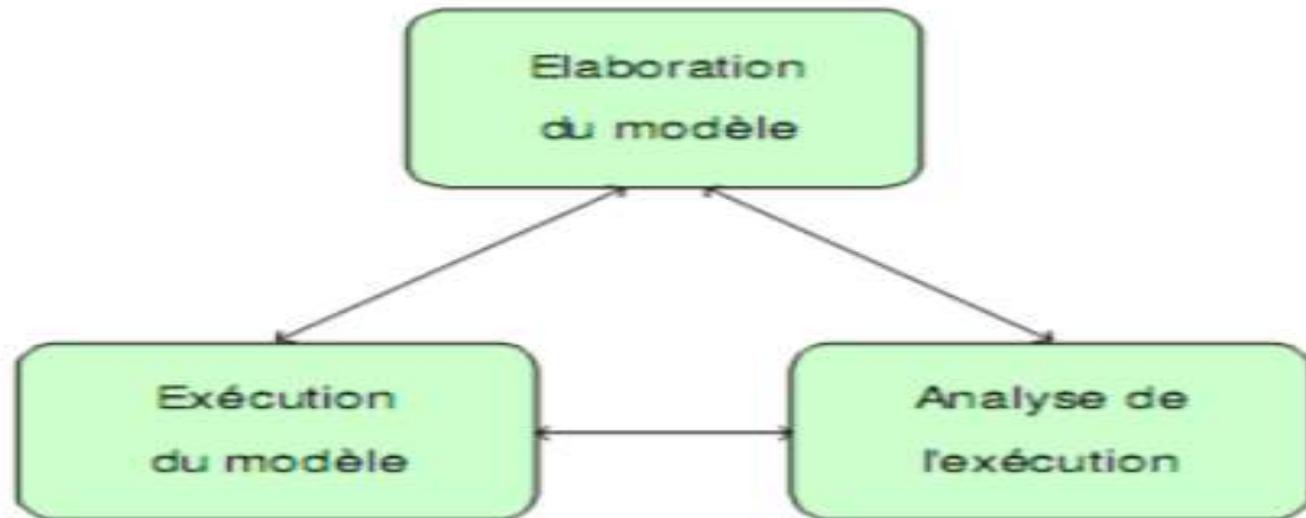
- La modélisation et la simulation des systèmes complexes constituent aujourd'hui un enjeu majeur dans de nombreux domaines de la société humaine. Elles permettent de tester des hypothèses, de les transmettre, de les exposer et d'en formuler de nouvelles a posteriori.
- Cet outil constitue ainsi pour les scientifiques un moyen d'investigation unique, quel que soit le domaine considéré.

Simulation des systèmes

- La simulation est un outil d'aide à la décision très utilisé par les concepteurs et les gestionnaires des systèmes complexes,
- Elle consiste à construire un modèle d'un système réel (physique, économique, humain ... etc.) et à conduire des expériences sur ce modèle afin de bien comprendre le comportement de ce système et d'en améliorer les performances.
- **Exemples de champs d'application:**
 - La météorologie: elle permet d'éviter des catastrophes naturelles.
 - La médecine: chirurgie, produits pharmaceutiques ...etc.
 - L'industrie: conception de l'automobile par ordinateur, simulateur de vol ...etc.
 - Les jeux vidéo.
 - L'aéronautique (navigation dans l'espace): simuler la vie dans une navette spatiale.

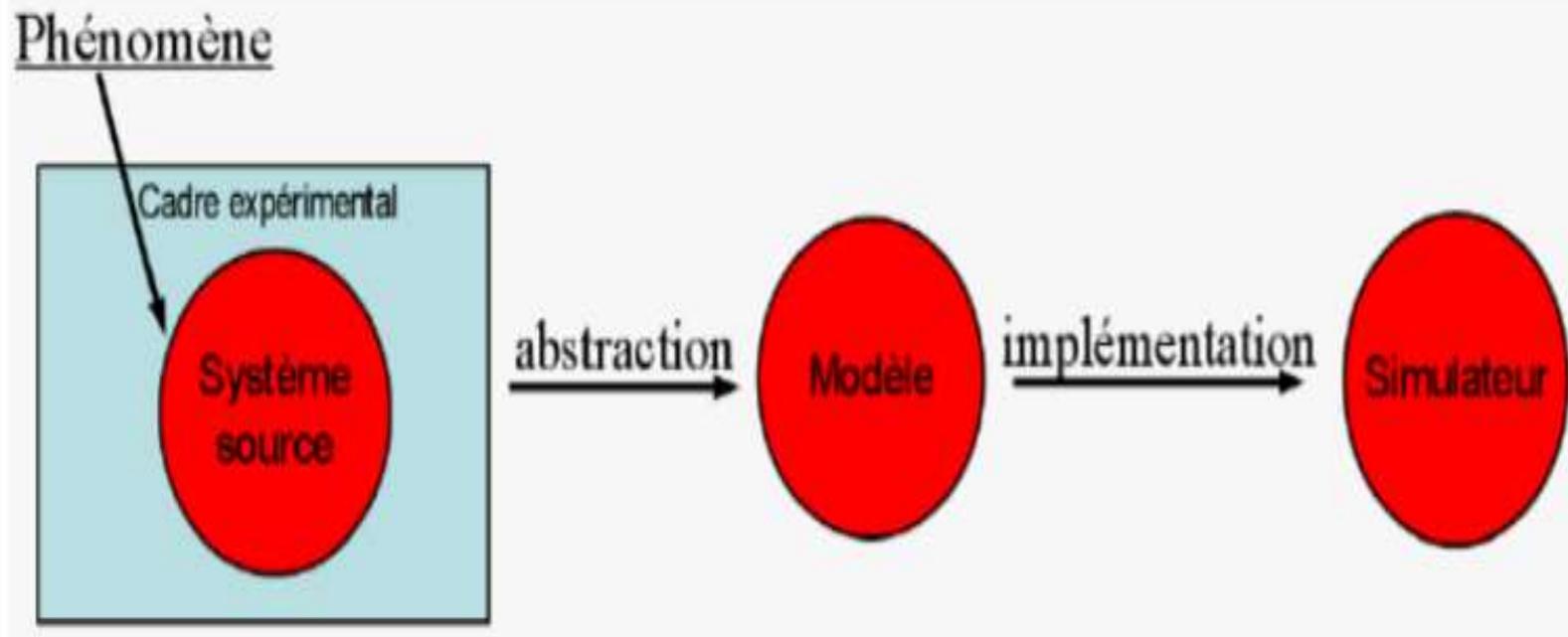
Simulation des systèmes

- La simulation sur ordinateur est la discipline qui consiste en la conception d'un modèle d'un système réel ou théorique, puis en l'exécution de ce modèle sur ordinateur, et enfin en l'analyse des sorties pour en tirer les conclusions qui s'imposent.
- La simulation pourrait être caractérisé par les mots clefs suivants :
 - Un élément fondamental qui est le **modèle**
 - Le modèle est manipulé (sur ordinateur), cette manipulation fournissant des solutions trouvées sont celles du modèle et non du système modélisé
 - Son but est de choisir parmi les solutions celle qui semble être la meilleure



Simulation des systèmes

- L'informatique permet d'effectuer la simulation de phénomènes réels sur ordinateur,
- Le but principal de la simulation informatique est :
 1. Étudier un système réel de manière à comprendre son fonctionnement interne et/ou à en prévoir son évolution sous certaines conditions.
 2. Concevoir un modèle informatique qui est une représentation fidèle du système réel et qui est utilisé pour réaliser les expérimentations.



Simulation des systèmes

▪ Types de simulation :

▪ **La simulation continue** : Où le système se présente sous la forme d'équations différentielles à résoudre. Elle permet de suppléer à la résolution analytique quand celle-ci est impossible. Effectuée au départ sur des calculateurs analogiques, elle s'est effectuée aussi sur des ordinateurs

▪ **La simulation discrète** : Dans laquelle le système est soumis à une succession d'évènements qui le modifient. Le système est caractérisé par des événements qui surviennent à des instants non fixes et engendrent des changements de l'état du système. Le système garde cet état jusqu'au prochain événement.

Exemple:

- Arrivée d'un client devant un guichet d'une poste. Si l'employé est libre, le client sera servi immédiatement sinon il rejoint une file d'attente. L'état du système change à chaque arrivée et à chaque départ d'un client.

Simulation des systèmes

- **La simulation par objet** : Ce type de simulation repose sur la notion d'objet ainsi que de classe d'objets, les notions attachées à ce genre de concept telles l'encapsulation et l'héritage sont exploitées pour modéliser et simuler les applications. La méthode UML repose sur ce principe, plusieurs langages de programmation très puissants tels DELPHI et JAVA utilisent ces concepts.
- **La simulation par agents** : où la simulation est segmentée en différentes entités qui interagissent entre elles. Elle est aujourd'hui utilisée dans pratiquement tous les domaines même si au départ elle concernait surtout les domaines économique et social, où chaque agent représente un individu ou un groupe d'individus. Par nature, son fonctionnement est asynchrone.

Simulation des systèmes

- **L'émergence**

- on parlera de propriétés émergentes lorsqu'un système, pris dans son ensemble, manifeste des comportements qui ne sont pas présents explicitement dans chacune de ses composantes, et qui sont donc le résultat de la dynamique interne du système et/ou de ses interactions dynamiques avec son environnement.
- Il est également possible d'interpréter ce genre de phénomène comme un couplage entre les composants en interaction (niveau *local* ou *micro*), et l'organisation du système dans son ensemble (niveau *global* ou *macro*).



Simulation des systèmes

Les étapes d'une simulation

