

Simulation de systèmes

Approche conceptuelle

Modèle versus système

Le modèle est une représentation conceptuelle du système cible, qu'il soit réel ou virtuel

Pour un système donné, on peut construire une infinité de modèles différents

L'élaboration d'un modèle repose sur un choix stratégique important: l'approche conceptuelle. C'est le point de vue qu'on adopte pour représenter le système via un langage.

VARIABLES D'ÉTAT

Un variable est une fonction de D vers A , où

D ensemble de départ

A ensemble des valeurs (où ensemble d'arrivée)

Faire un modèle c'est:

- déterminer les variables qui caractérise l'état du système
- déterminer comment calculer les valeurs présent pas les variables d'état

Ces choix se font via des hypothèses de modélisation et s'appui sur une approche conceptuelle (point de vue)

Approche et hypothèses

Le choix d'une approche est stratégique car elle guide toute l'élaboration du modèle

L'approche se traduit par un ensemble d'hypothèses

Pour un système complexe, on combine plusieurs approches (délicat)

Hypothèses usuelles

Il y a des éléments stratégiques récurrents

Les plus significatifs (top level) sont:

- statique vs dynamique
- déterministe vs probabiliste
- discret vs continu

Il y a aussi des approches centrées sur les concepts: agent, objet, événement, processus, réseau de neurones, système expert, etc

Statique versus dynamique

Dynamique = dépends du temps

Statique = ne dépends pas du temps

Ce sont des hypothèses de modélisation. Ça détermine un aspect de la perception du système. Ce n'est pas nécessairement une caractéristique du système en soit: c'est une **hypothèse!**

Statique

Hypothèse qu'un aspect du système ne dépend pas du temps. Peut être vu comme un cas particulier du cas dynamique

Adopter un point de vue statique est souvent plus simple, mais on fait abstraction de l'évolution temporelle. C'est le cas des bilans, tant utilisés par les gestionnaires. Comme le nombre total d'unités produite par une chaîne de montage

Dynamique

En dynamique, on perçoit le changement



Non-linéarité

```
x=1000. ; d=100. ; e=1.
```

```
for i in range(11):
```

```
    y=x-i*d
```

```
    if y<e: y=e
```

```
    print((x/y))
```

Donne:

1.0 1.1 1.25 1.43 1.67 2.0 2.5 3.33 5.0 10.0 1000.0

Déterministe versus probabiliste

Déterministe = ne dépend pas du hasard

Probabiliste = dépend pas du hasard

Encore ici, c'est une hypothèse et non la nature intrinsèque du système. Par exemple, une table est généralement perçue comme déterministe. Mais sur une grande échelle de temps, ou sur une échelle moléculaire, son état dépend du hasard!

Discret versus continu

Une variable d'état $x:D \rightarrow A$ est discrète s'il existe un ensemble finie ou dénombrable $V \subset A$ tel que $x:D \rightarrow V$ est la même fonction. Une variable non-discrète est continue

Ainsi, une variable continue prends ses valeurs dans un ensemble qui **doit** être continu (au sens de la puissance du continu: entre 2 valeurs il y a une infinité non-dénombrable de valeurs)

NB: un ensemble est dénombrable si il existe une bijection entre ses éléments et les nombres entiers

Continu et ordinateur

La représentation des nombres réels dans un ordinateur est sous la forme d'un ensemble discret

Donc, quelquesoit l'approche conceptuelle, toutes les variables dans le modèle en langage informatique (simulable), sont discrètes

Notons que ceci n'empêche pas d'adopter un point de vue continu dans le construction du modèle!

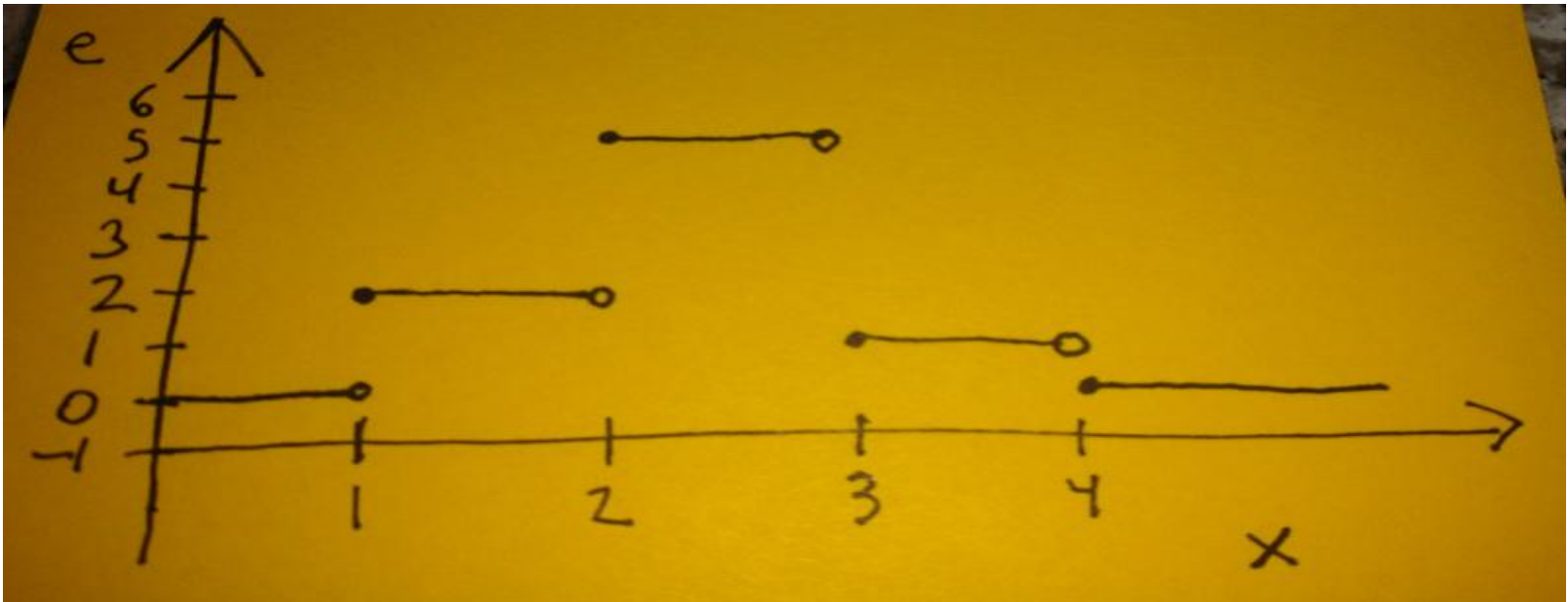
Var continue vs fonction continue

Il ne faut pas confondre les concepts de variable continue (dépend des l'ensembles images) versus la continuité d'une fonction définie sur l'ensemble des nombres réels (la limite à gauche = la limite à droite en tout point)

Par exemple, une variable discrète peut toujours être représentée comme une fonction réelle continue par morceaux, sans perte d'information

Var discrète comme fonction

Voici un exemple simple de variable discrète e , vue comme une fonction continue par morceaux, lors de répétitions x de l'expérience "jets d'un dé à 6 faces":



Nature d'un système

A priori, la nature d'un système est fortement liée à l'échelle (temporelle, spatiale) à laquelle on l'observe

Exemple: une table peut sembler statique, mais sur 1 million d'années elle va changer... Aussi, les molécules vibrent toujours! C'est une question de perception et d'échelle à laquelle on observe le système

Approche conceptuelle globale

En pratique, des aspects d'un système à l'étude vont être statiques, d'autres dynamiques, d'autres dynamiques et probabilistes, etc. La nature est complexe!

On adopte souvent un point de vue global qui dicte l'approche conceptuelle. Il doit être suffisamment général pour capter les aspects

Exemple: système manufacturier

Considérons un système manufacturier qui produit des chaussures à partir des matières: cuir, semelles, fil. Le nombre de semelles en stock et le nombre de souliers produit sont des variables discrètes, mais le stock de cuir (m^2) et de fil (m) sont continues. Pour avoir une approche globale discrète, on compte le stock de cuir et de fil en nombre de rouleaux

Pourquoi une approche globale?

Pour appliquer les lois de conservation de la physiques (masse, quantité de mouvement, énergie, etc), il faut que **toutes** les variables d'état soient continues

Pour appliquer la méthode "discrete event simulation (DES)" de simulation des systèmes manufacturiers, il faut que **toutes** les variables d'état soient discrètes

Modèle mixte

Pour simuler des systèmes complexes, il faut une approche mixte: un mélange des variables d'état de diverses natures (discrète, continue, statique, dynamique, probabiliste, etc)

Ceci augmente beaucoup le niveau de difficulté et nécessite généralement de travailler avec un modèle qui est un assemblage hiéarchisé de sous-modèles

Cas pour discussion

1. scène statique
2. scène dynamique:
 - a. zoom (fct ou hiérarchie de discrétisations)
 - b. animation
3. lignes de courant autour d'une aile d'avion
4. contraintes statiques dans une pièce de métal rigide
5. avalanche de neige
6. rentrée dans l'atmosphère d'une navette (avec dissociation)
7. jeux vidéo genre RPG 3D (Witcher 3, Dark souls 3, etc)
8. production manufacturière
9. analyse financière
10. optimisation d'une cédule de siphonage de cuves d'aluminium