Une introduction aux Systèmes (Artificiels) Complexes

Master 1 informatique - Systèmes Artificiels Complexes

Sébastien Verel
verel@i3s.unice.fr
www.i3s.unice.fr/∼verel

Équipe ScoBi - Université Nice Sophia Antipolis
Equipe DOLPHIN - INRIA Lille Nord Europe

23 janvier 2012

Quelques questions

Questions

a - Citer des systèmes de votre choix.

b - Savez-vous définir les mots suivants :

- dynamique,
- oscillations,
- stochasticité,
- stable,
- compliqué,
- imprédictibilité,
- déterministe.

Plan

1. Le tout et ses parties
2. Définition et propriétés

Réductionisme

Réfléchissons sur...

"Le tout est plus que la somme de ces parties"

Mais avant...

Descartes (1596-1650)

discours de la méthode,
pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences
pose comme principe de la construction d'un savoir scientifique
(1637)

Réductionisme

Réfléchissons sur...

"Le tout est plus que la somme de ces parties"

Mais avant...

Descartes (1596-1650)

discours de la méthode,
pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences
pose comme principe de la construction d'un savoir scientifique
(1637)

Principe de la méthode :

- Avancer dans la connaissance au moyen de déduction
- Jusqu'aux intuitions des principes

Science avant/après Descartes

Science

Corpus de connaissances organisées par une démarche intellectuelle particulière

Quelle est cette démarche intellectuelle particulière ?

Science avant/après Descartes

Aristote (-384/-322)

Connaitre est avant tout avoir saisi les causes (qui répond à la question pourquoi, raison d'existence)

- Matérielle, de la matière
- Formelle, de la définition
- Premier mouvement/repos
- Finalité

Scholastique au moyen age

Spéculations, souvent à partir d'interprétations des écrits d'Aristote

Science avant/après Descartes

Karl Popper (1902-1994)

Démarcation entre science/non-science

- Une théorie permet de diviser les observations en 2 classes :
  - observations qui la conterdisent (falsifafieurs)
  - observations qui la corroborent
- La science s'occupe des théories dont on peut apporter une observation qui est suceptible de les réfuter.
- Les théories sont des "hypothèses" corroborées par les observations
  Evolution des théories, remise en question perpetuelle du savoir scientifique

Préceptes de la méthode
Démarche analytique

- l'évidence :
  " Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la connusse évidemment être telle ; c'est-à-dire, d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention, et de ne comprendre rien de plus en mes jugements que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute. "
- l'analyse :
  "Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerais, en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre. "

Préceptes de la méthode
Démarche analytique

- la synthèse et le raisonnement :
  "Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusques à la connaissance des plus composés, et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres."
- le dénombrement :
  "Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre. "

Réductionnisme, démarche analytique

"Le tout est plus que la somme de ces parties"

Réductionnisme, démarche analytique

"Le tout est plus que la somme de ces parties"

Parfois la synthèse est n'explique pas la fontion.
Méthode analytique :

- Description des objets (les molécules)
- Description de leur intéractions (architetures moléculaires)

Réductionnisme, démarche analytique

"Le tout est plus que la somme de ces parties"

Parfois la synthèse est n'explique pas la fontion.
Méthode analytique :

- Description des objets (les molécules)
- Description de leur intéractions (architetures moléculaires)

Lorsqu'une fonction est observée :

- tendance à recherche de l'entité qui la contient pour l'expliquer
- par exemple mis en avant dans certain programme de biologie moléculaire, Jacques Monod (1910-1976) "Hasard et nécessité"
- Au lieu de : dynamique pour expliquer la fonction

Compliqué / complexe

Système compliqué

système que l'on simplifier (en linéarisant) pour connaitre son état statique

Système complexe

système dont les propriétés ne sont pas réductibles à celles de ses parties.

Compliqué / complexe

Système compliqué

système que l'on simplifier (en linéarisant) pour connaitre son état statique

Système complexe

système dont les propriétés ne sont pas réductibles à celles de ses parties.

Les systèmes complexes

Les systèmes complexes sont composés d'entités hétérogènes en interaction forte et structurées en plusieurs niveaux d'organisation. Ces systèmes sont non-linéaires.

Linéaire / non linéaire

Quelle est la signification de *linéaire* ?

Linéaire / non linéaire

Quelle est la signification de *linéaire* ?

Un observable est varie linéairement avec un paramètre du système :

- lorsque le paramètre est multiplié par k,
- la quantité observable est multipliée par k

Par exemple : $U = R.I$

Linéaire / non linéaire

Quelle est la signification de *linéaire* ?

Un observable est varie linéairement avec un paramètre du système :

- lorsque le paramètre est multiplié par k,
- la quantité observable est multipliée par k

Par exemple : $U = R.I$

calcul matriciel : linéarité en multi-dimensions

Problème MAX-SAT et non-linéarité

Premier problème NP-difficile

- N variables booléennes : $\{x_1, x_2, ..., x_N\}$,
- m clauses : $\{C_1, C_2, ..., C_m\}$.
- k_j littérals par clause C_j : $\{l_{1,j}, l_{2,j}, ..., l_{k_j,j}\}$,

$$\bigwedge_{j=1}^{m} C_j$$

où $C_j = \bigvee_{i=1}^{k_j} l_{i,j}$ et $l_i = x_n$ ou $\bar{x_n}$

MAX - SAT

Maximiser le nombre de clauses C_j vérifiées

$$f(s) = \#\{C_j \ true\}$$

s est une solution de SAT ssi $f(s) = m$

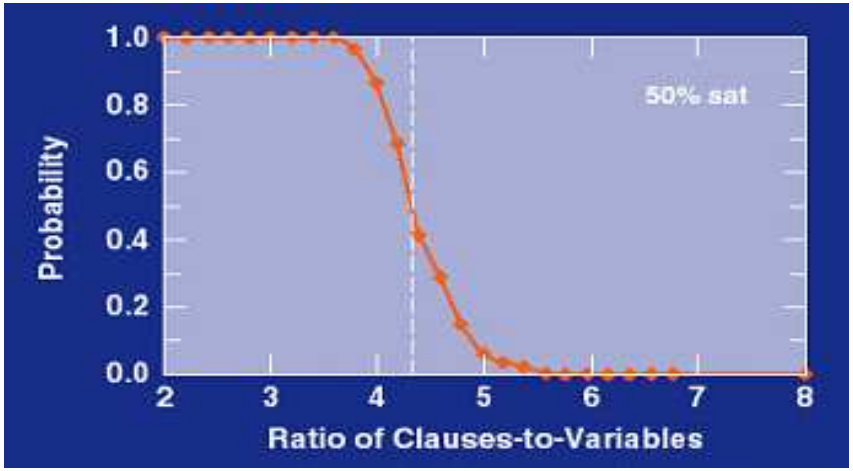
MAX-SAT

$$x_1 \wedge \bar{x_2} \wedge \bar{x_3}$$

$$(x_1 \vee x_2) \wedge (\bar{x_2} \vee x_3) \wedge (x_1 \vee \bar{x_3})$$

$$(x_4 \vee x_2 \vee x_3) \wedge (x_2 \vee x_4 \vee x_5) \wedge (\bar{x_2} \vee x_1 \vee x_5) \wedge (\bar{x_2} \vee x_5 \vee x_4) \wedge (x_1 \vee \bar{x_3} \vee \bar{x_4})$$

MAX-SAT, non-linéarité



Transition de phase suivant le paramètre $\alpha = \frac{m}{N}$

Phénomène non-linéaire :

- nombre de solutions ne dépend pas linéairement du nombre de liens entre les variables
- La relation entre les variables est non-linéaire

Déterminisme, chaos

James Clerck Maxwell (1831-1879), Matière et mouvement

> Les mêmes cause produisent les effets. [...] Il y a une autre maxime qui ne doit pas être confondue avec celle préceèdemment citée et qui affirme "que des causes similaires produisent des éffets similaires". Ceci est seulement vrai lorsque des petites variations dans les conditions initiales produisent seulement des petites variations dans les états finaux du système.

Déterminisme, chaos

Pierre-Simon Laplace, essai philosophique sur les probabilités, 1814.

> Nous devons envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux.

Emergence

systèmes complexes indissiociable Emergence

Edgar Morin (1921-)

la première leçon systémique est que "le tout est plus que la somme des parties" [...] qu'il existe des qualités émergentes, c'est-à-dire qui naissent de l'organisation d'un tout, et qui peuvent rétroagir sur les parties.

le tout est également moins que la somme des parties car les parties peuvent avoir des qualités qui sont inhibées par l'organisation de l'ensemble

Emergence

systèmes complexes indissiociable Emergence

Hugues Bersini exposé sur la vie artificielle (université de tous les savoirs, 2000) :
`http://www.canalu.tv/canalu/producteurs/universite_de_tous_l`

Mot de conclusion à l'introduction

They saw America as bigger than the sum of our individual ambitions ; greater than all the differences of birth or wealth or faction.

Mot de conclusion à l'introduction

They saw America as bigger than the sum of our individual ambitions ; greater than all the differences of birth or wealth or faction.

20 janvier 2008, Barack Hussein Obama, (1961 -)