Introduction aux sciences cognitives

Liens entre informatique et sciences cognitives

Yannick PRIÉ
LIRIS - UFR Informatique
Université Claude Bernard Lyon 1
yannick.prie@liris.cnrs.fr

Objectifs du cours et plan

- Objectifs du cours
  - Acquérir des notions en informatique / intelligence artificielle
  - Acquérir des notions en sciences cognitives
  - Être capable de comprendre / participer à une conversation traitant de l'informatique et des sciences cognitives

Plan

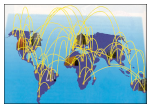
- **Informatique**
  - **Définitions et historique**
  - **Notions clés**
- Sciences cognitives
  - Définitions et historique
  - Notions clés
- Au carrefour : Intelligence Artificielle
  - Définitions
  - Historique
  - Questions posées

Informatique : définitions

- *Science du traitement rationnel, notamment par des machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux* (Académie Française, 1966)
- *Ensemble des disciplines scientifiques et des techniques spécifiquement applicables au traitement de l'information effectué notamment par des moyens automatiques* (AFNOR).
- Information automatique (1962)
  - le mot ordinateur avait été inventé en 1955

Informatique : pour quoi faire ?

- Faire des opérations (calculs) sur des données
  - ordinateur = grosse calculatrice
- Stocker des données
  - sur des supports plus ou moins pérennes
- Echanger des données
  - ordinateurs en réseau
  - Internet



Informatique : pour quoi faire, pour qui ?

- Un utilisateur bénéficie au cours de son activité de calculs menés sur des données par un ordinateur (ou par plusieurs ordinateurs)
  - directement (ex. ordinateur personnel)
  - indirectement (ex. transports en commun)
- Exemple
  - bureautique, jeux, retouche d'images, lecture audio ou vidéo…
  - courrier électronique, navigation sur le web, chat…
  - gestion de fiche de paie, gestion de stocks, gestion des contribuables…
  - gestion de systèmes temps réels : télécommunications, métro, aéronautique, fusées…
  - *etc.*

Repères historiques (1)

- Antiquité
  - abaques, bouliers
- Ancêtres
  - Ars Magna (Lulle, XIIIe) : combinatoire de la connaissance
  - Pascaline (B. Pascal, XVIIe)
    - additions et soustractions
    - améliorée par Leibnitz (multiplication et division)
  - Métier Jacquard (1805)
    - cartes perforées et programmes
  - Analytical engine (Babbage, XIXe)
  - Machines à calculer électriques
    - 1890
  - Tabulation Machine Corporation
    - 1896, devient IBM en 1924

Repères historiques (2)

- Avancées théoriques (notamment soutenues par les armées)
  - machine de Turing (1934)
  - architecture de Von Neuman (1945)
- ENIAC (1946)
  - Electronic Numerical Integrator and Computer
  - dernier gros calculateur électrique programmable, non universel (30 tonnes, 160 m²)
- Invention du transistor (1947)
  - on passe à l'ère de l'électronique

- Histoire contemporaine
  - Langages de programmation de machine universelles
    - Fortran (1954), COBOL (1959), BASIC (1965), Pascal (1969),C (1972), PROLOG (1973), ADA (1983), JAVA (1995), *etc.*

Repères historiques (3)

- Générations de machines
  - 1949 (stockage sur disques magnétiques), 1958 (transistors), 1964 (circuits intégrés)
  - 1973 (micro-ordinateur avec clavier et écran), 1977 (Apple II, 1er micro largement diffusé), 1981 (1er PC sous DOS), 1981 (1er « portable »), 1984 (Macintosh, 1ère interface graphique, souris), *etc.*
- Communication entre machines
  - 1969 (transfert de fichiers entre machine), 1981 (lancement d'Internet à partir de TCP-IP)
  - 1971 (courrier électronique), 1979 (usenet : forums), 1990 (Web), 1995 (démocratisation du web), *etc.*
- A suivre
  - Informatique quantique
  - Le Web c'est l'ordinateur (Google partout…)

Données et traitements

- Un ordinateur réalise des calculs
  - un calcul correspond à des traitements qui s'opèrent sur des données
    - ex. : appliquer un filtre sur une image, calculer la visualisation sur un écran d'un document de traitement de texte
- Le calcul est réalisé par un processeur
  - piloté par des informations décrivant les traitements
  - sur des informations décrivant les données
- Les descriptions du traitement et des données se trouvent
  - en mémoire vive pendant le calcul
  - en mémoire non volatile (disque…) quand ils ne sont pas utilisés
  - sous la même forme : information binaire

Données : codage de l'information

- Information binaire
  - tout représenter comme séquence de 0 et de 1
  - bit = binary digit, 1 octet = 8 bits
- Exemple
  - représentation des entiers en base 2
    - 00000000 = 0, 00000001 = 1, 00000010 = 2, 00000011 = 3, 00000100 = 4, 00000101 = 5, … , 11111111 = 255
  - codage des caractères comme des entiers
  - codage des couleurs comme trois entiers
    - taux de rouge, de vert, de bleu
  - …

Traitements : notion d'algorithme (1)

- Ensemble des règles opératoires qui permettent la résolution d'un problème par l'application d'un nombre fini d'opérations de calcul à exécuter en séquence.
- Programme : enchaînement d'instructions orientées par un but
- Peut s'écrire en français ou en langage informatique (ex. Pascal, C, Java...)
- Etude / théorie des algorithmes : algorithmique

Notion d'algorithme (2)

- Différents types d'instructions
  - calculs simples
    - resultat = operateur1 + 4 * (1 + operateur2)
    - afficher « Bonjour »
    - récupérer touche utilisateur
  - boucles
    - TANTQUE (condition réalisée) FAIRE (Instructions)
      - Ex. TANTQUE (pas le bon arrêt) FAIRE (rester dans le tram)
  - branchements
    - SI (condition réalisée) FAIRE (Instruction) SINON FAIRE (Instructions)
      - Ex. SI (heure > midi ET cours-fini) FAIRE (aller manger) SINON FAIRE (rester en classe)

Informatique : science, technologie, ensemble d'outils

- Science
  - Du latin *scientia* : « savoir », en grec *logos* : science
  - *ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet et une méthode déterminées, et fondées sur des relations objectives et vérifiables (*Petit Robert)
  - Rationalité, observabilité, vérifiabilité
  - Questions de recherche fondamentales ou appliquées
- Informatique
  - science théorique
    - ex. théorie du calcul, complexité
  - science expérimentale
    - ex. réseaux, recherche opérationnelle

Informatique : science, technologie, ensemble d'outils

- Technologie
  - (1) étude des techniques, (2) ensemble de méthodes et techniques autour de réalisations industrielles formant un tout cohérent
  - Technique : du grec technê : « art, métier »
    - *ensemble des procédés employés pour produire un ouvrage ou obtenir un résultat déterminé* (Petit Robert)
- Informatique
  - technologie
    - architectures, langages, méthodes de développement de systèmes, *etc.*
  - ensemble d'outils
    - intégrés à notre quotidien : vie familiale ou professionnelle

Grands noms de l'informatique : Shannon

- C. E. Shannon mathématicien né en 1916 à Gaylord – Michigan
- « Père » de la transmission numérique des informations
- Chez Bell (1942), avec Wiener. Ils développent une théorie selon laquelle toute information est une quantité mesurable indépendamment de son contenu.
- Inventeur du langage binaire
  - met au point des circuits à relais électriques où un relais ouvert est représenté par 1 et un relais fermé par 0
- « Théorie mathématique de la communication » (1948) : *bit* (acronyme de binary digit) = unité fondamentale du traitement de l'information.

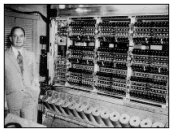
«I visualize a time when we will be to robots what dogs are to humans, and I'm rooting for the machines. »

Grands noms de l'informatique : Von Neumann

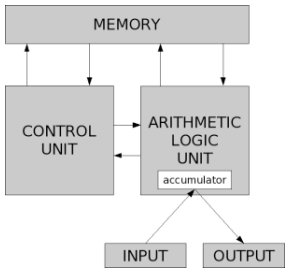
- J. Von neumann, mathématicien né en 1903 à Budapest – Hongrie
- Consultant de l'armée américaine.
- 1943 : participation à la première bombe atomique - Los Alamos.
- Calculs « insurmontables » à la main
- Avec Steeve Ulam méthodes *de Monte-Carlo* : simulation d'un grand nombre de tirages aléatoires, pour donner des solutions numériques à des équations aux dérivées partielles
- Le programme doit être codé et rangé dans la mémoire de la machine à côté des données des calculs.
- Une seule machine peut réaliser toute sorte de calculs différents.
  Ce modèle dit *de Von Neumann* préside toujours à la conception des ordinateurs modernes.

«If people do not believe that mathematics is simple, it is only because they do not realize how complicated life is »

Architecture de Von Neumann (1945)



- Principes
  - distinction données / instructions en mémoire en fonction de l'usage
  - mémoire séquentielle adressable
  - le sens des données n'est pas stocké avec les données
    - 01001001 peut signifier plusieurs choses



Grands nom de l'informatique : Turing

- A. Turing, mathématicien et logicien né en 1912 à Londres – Angleterre
- Un des « pères spirituels » de l'intelligence artificielle
- Étude de problèmes de probabilités et de logique
- 1936 : résolution du 3ème problème de Hilbert
  - « les mathématiques sont-elles décidables ? »
    - possibilité pour une proposition mathématique d'être validée (vrai ou faux) par un algorithme
    - existe-t'il un algorithme pour dire si une assertion peut être prouvée ?
  - réponse : NON
- Utilisation pour la preuve d'un modèle formel de calculateur : machine de Turing
  - Base de toutes les théories sur les automates
  - Notion de calculabilité, et de fonctions décidables

«…I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted.»

Machine de Turing

- Automate
  - un ruban de longueur infinie ou semi-infinie, composé de cases contenant des symboles d'un alphabet
  - une machine
    - capable de se déplacer sur le ruban, d'écrire sur une case, d'effacer une case
    - ayant un état interne (par exemple un entier)
- Un ensemble fini de règles = programme
  - Une règle est choisie en fonction
    - de l'état de l'automate
    - du contenu de la case courante
  - Une règle détermine des actions
    - changer d'état
    - se déplacer sur le ruban
    - écrire ou effacer la case courante

B	B	1	2	8	0	B	0	B	B

↑ S3

- Exemple
  si la machine est dans l'état MI
  et s'il y a un CI dans la case
  Alors passer dans l'état MF
  écrire CF dans la case
  et me déplacer de 1 case vers la droite ou vers la gauche

Plan

- Informatique
  - Définitions et historique
  - Notions clés
- **Sciences cognitives**
  - **Définitions et historique**
  - **Notions clés**
- Au carrefour : Intelligence Artificielle
  - Définitions
  - Historique
  - Questions posées

Sciences cognitives : définitions

- Définitions multiples
- Les sciences cognitives ont pour objet
  - les grandes fonctions cognitives de l'homme biologique, culturel et social :
    - Perception
    - Mémoire
    - Langage
    - Raisonnement
    - Émotion
    - Attention
    - Action
    - Apprentissage
    - Conscience
    - …
- au travers
  - études interdisciplinaires : psychologie, linguistique, philosophie, neuroscience, intelligence artificielle...

Cognition

- Ensembles des activités intellectuelles et des processus qui se rapportent à la connaissance et à la (aux) fonction(s) qui l'a(ont) réalisée.
- Cognition naturelle
  - Humain
    - Individu : humain
    - Société : groupes d'humains, ex. groupe des étudiants en L1 de Lyon2
  - Animal
    - Individu : ex1. chimpanzé bonobo ex2. fourmi
    - Société : ex1. groupe bonobos ex2. fourmillère
- Cognition artificielle
    - Individu : agent logiciel
    - Société : système multi-agents

Sciences cognitives : objectifs

- Décrire
- Expliquer
- Simuler
- Les principales dispositions et capacités de l'esprit humain, de l'animal et de machines.

Connaissance et esprit

- De la Grèce au XIXe siècle
  - la philosophie s'occupe seule de ces questions
- XIXe
  - développement de la psychologie expérimentale
- XXe
  - psychologie (occidentale) dominée par le béhaviorisme
    - analyse stimuli/réponse en boîte noire

Sciences cognitives : influences

- Première cybernétique
  - *science constituée par l'ensemble des théories relatives aux communications et à la régulation entre l'être vivant et la machine* (PR)
  - Théorie de la rétroaction (Wiener, 1948)
  - Neurone formel (Mc Culloch & Pitts, 1943)
  - Automates cellulaires (Von Neumann)
  - Conférence de Macy (1946-53) : rencontre interdisciplinaires
- Intelligence Artificielle (création en 1956)
  - John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell, Herbert Simon
  - Manipulation automatique de symboles, résolution de problèmes
- Linguistique générative (Noam Chomsky)
  - *Syntactic Structures (1957)*
  - Langage et grammaires formelles

Sciences cognitives

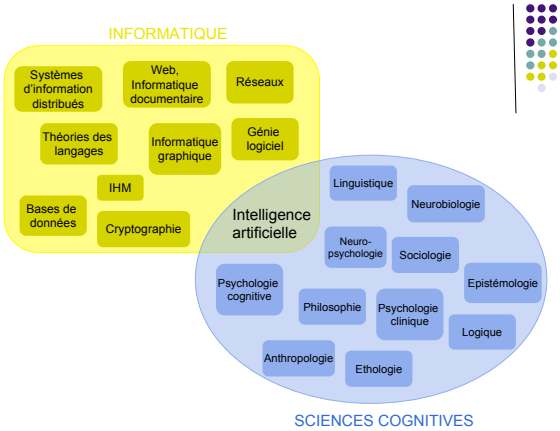
- Choix importants
  - La logique mathématique pour décrire le fonctionnement de l'esprit humain
  - Notion de représentation et de calculs sur les représentations
  - Importance du feedback
  - Traitement séquentiel de l'information

Approche dominante : cognitivisme

- Système cognitif = un système de traitement de l'information
- Approche computationnelle :
  Activité de l'esprit = manipulation de symboles, de représentations
  - Esprit ≅ ordinateur « classique »
    - Ex. mémoire à court terme (cf RAM) et mémoire à long terme (Disque Dur)
  - Entrées issues de l'environnement
  - Encodage et interprétation de ces entrées
  - Mise en mémoire
  - Récupération
- Raisonnement séquentiel sur ces informations
  - manipulation logique de symboles
- Existence d'un mécanisme de contrôle centralisé

Approches alternatives

- Connexionnisme
  - Esprit ≠ computation sur des symboles = action effectuée par les neurones et les populations de neurones, pas de règles ni ne symboles
  - Niveau « subsymbolique »
  - Ne remet pas forcément en cause la notion de représentation
- Énaction
  - Couplage structurel d'où émerge un monde : 1/ un observateur vit corporellement un monde limité par ses capacités, 2/ de son couplage au monde émergent les réalités de son vécu.
  - Considérer la temporalité de la vie d'une espèce, d'un individu, d'une structure sociale



Plan

- Informatique
  - Définitions et historique
  - Notions clés
- Sciences cognitives
  - Définitions et historique
  - Notions clés
- **Au carrefour : Intelligence Artificielle**
  - **Définitions**
  - **Historique**
  - **Questions posées**

Intelligence artificielle (IA)

- Champ de la recherche informatique issu des réflexions sur la cognition dans les années 1950
- Congrès de Dartmouth - 1956
  - Mc Carthy, Minski, Newell, Simon
    - (autres parents : Turing, V. Neumann, Shannon, Wiener, Mc Culloch, Pitts, Chomsky…)
  - logique et représentation des connaissances, représentations structurées
  - « Artficial Intelligence (AI) » = nouveau domaine de recherche
  - idée : concevoir des machines intelligentes
- Objectif initial

  Machine intelligente qui « pense » comme un humain : même résultat et même processus = imitation, c'était déjà l'ambition de Turing en 1950.
- Objectif second

  Machine intelligente qui produit le même résultat qu'un humain

IA : trois catégories

- Imiter l'homme, c'est-à-dire réussir là où les sujets réussissent et échouer là où les sujets échouent
  - Deux approches de l'IA (distinction de J. Searle - 1980)
    - IA « forte » : création au moyen d'un ordinateur d'un « esprit » artificiel
      - IA comme explication de fonctionnement
    - IA « faible » : modélisation par ordinateur pour étudier l'esprit humain
      - IA comme outil pour étudier l'esprit
- Résoudre des problèmes de manière optimale sans se préoccuper de la cognition humaine
  - IA pour optimiser
    - approche des ingénieurs

Notions de modèle

- Caractéristiques
  - Représentation simplifiée d'un objet ou d'un phénomène
    - Description de ses propriétés, de ses caractéristiques
    - Imitation simplifiée de la réalité représentée
    - Abstraction
    - Généralisation
  - Différents possibilités
    - Représentation formelle
      - Mathématique ex : $E=mc^2$
    - Schéma, dessin
  - Manipulable et testable
    - Prédictions
    - Simulations
- Abstraction permettant de réduire la complexité d'un phénomène en se focalisant sur certains aspects, en fonction de certains objectifs

IA : objectifs actuels (1)

- Assister l'utilisateur
  - Systèmes d'aide et de diagnostic pour la conception, la décision, la conduite routière, *etc.*
- Le modéliser et le comprendre (IA faible)
  - Proposition ou reprise de modèles issus de la psychologie cognitive
  - Implémentation de ces modèles par ordinateur
    - But 1 : reproduire les performances de l'homme en utilisant des processus différents
      - identification de nouveaux problèmes
      - remise en question de certaines théories
    - But 2 : reproduire sur la machine les processus menés par l'homme et observer les résultats
      - comparaison des comportements homme - machine
      - amélioration des modèles sous-jacents
  - Identification des conditions *suffisantes* à la production de certains comportements intelligents

IA : objectifs actuels (suite)

- Remplacer l'utilisateur : une illusion

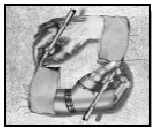
  "Asking if a computer can think is like asking if a submarine can swim".

  "Computer Science is not about computers, any more than astronomy is about telescopes".

  Edsger Wybe Dijkstra

- L'IA pose de nouvelles questions
  - Les machines peuvent-elles penser ?
  - Le langage peut-il être compris par une machine ?
  - Comment peut-on définir l'intelligence?

Intelligent et artificiel ?



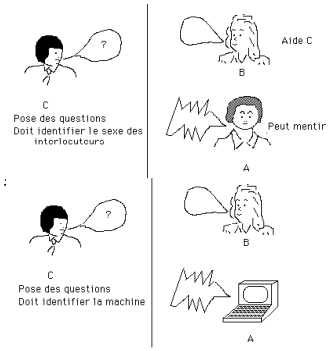
- Que signifie construire une machine intelligente ?
  - Une machine sera considérée comme intelligente si elle reproduit le comportement d'un être humain dans un certain domaine
  - Une machine sera considérée comme intelligente si elle modélise le fonctionnement d'un être humain
- Illustrations : ex. du jeu d'échecs
  - Obtenir un programme efficace, peu importe les calculs
  - Comprendre comment l'homme joue aux échecs et construire un programme à partir de ces hypothèses
- Une machine jouant bien aux échecs, qu'est-ce que cela signifie sur la pensée?
  - Le jeu d'échecs ne nécessite pas tant d'intelligence qu'on pouvait le penser
  - On pourra créer un jour une machine véritablement intelligente

Les machines peuvent-elles penser ? (1)

- Newell, Rosenbloom, Laird, 1989 : « être intelligent »
  1. Réagir de manière souple à l'environnement.
  2. Exhiber un comportement rationnel.
  3. Opérer en temps réel.
  4. Opérer dans un environnement riche et complexe : percevoir, utiliser des connaissances, contrôler le système moteur.
  5. Utiliser des symboles et des abstractions.
  6. Utiliser des langages (naturels et artificiels).
  7. Apprendre.
  8. Acquérir de nouvelles compétences.
  9. Vivre de manière autonome dans une communauté sociale.
  10. Exhiber une conscience de soi.
- Turing, 1950 : Test de Turing, test comportemental de l'intelligence

Test de Turing : jeu de l'imitation

1950

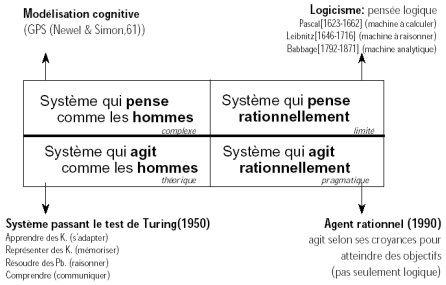


- IA forte
- Pour contester ce test :
  - chambre chinoise (J. Searle -1980)

正
名

Les machines peuvent-elles penser ? (2)

- L'activité mentale conçue comme une aptitude à :
  - Manipuler des symboles
  - Résoudre des problèmes
  - Raisonner logiquement
  - Associer des idées
  - Apprendre



Différents modèles logico-symboliques

- Intérêt pour l'expertise dans les jeux
  - Jeux standards : Tic tac toe, Tour de Hanoi,
  - Echecs : programme de plus en plus puissants (puissance de calcul)
- ELIZA (1965)
  - Thérapeute informatique (base du dialogue rogerien)
  - Simulation de dialogue par repérage d'expression clé et reconstruction de phrases toutes faites
- General Problem Solver (GPS - Newell & Simon, 1963)
  - système capable d'évaluer la différence entre la situation à laquelle le solveur est arrivé avec le but à atteindre, modélise l'intelligence générale
    - destiné à résoudre tout type de problèmes
    - trop général
- Proposition de modèles moins généraux
  - Systèmes experts à base de règles

Principaux langages de l'IA

- Manipulation de listes
  - Lisp (1960, J. Mac Carthy), Scheme
- Manipulation de prédicats logiques
  - **Prolog** (1973, A. Colmerauer), Prolog avec contraintes
- Manipulations d'objets (données + traitements)
  - SmallTalk (1972, A. Kay)
  - (Java)

Grands domaines de l'IA (1)

- Reconnaissance et synthèse de la parole
  Ex. réservation d'hôtel à distance
  Limite : la compréhension d'un mot, d'une phrase requiert beaucoup d'informations extra-langagières
- Traitement de la langue (TAL)
  Ex. traducteurs automatiques
- Reconnaissance et synthèse d'images
  Ex. reconnaissance de visages, recherche d'info, mondes virtuels
- Reconnaissance de l'écriture manuscrite
  Ex. traitement chèques, codes postaux
- Planification
  Ex. management de plusieurs tâches synchrones

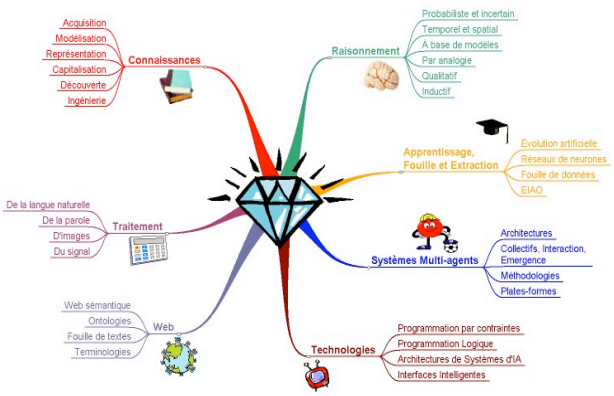
Grands domaines de l'IA (2)

- Aide à la décision, systèmes experts (SE) temps réels et autonome
  SE : logiciel simulant le comportement d'un expert humain sur une tâche précise
  Ex. contrôle de trajectoire du satellite *Voyager*
- Résolution de problèmes, jeux
  Ex. Échecs, Othello,GO
- Médecine : un champ applicatif à part
  Aide à la décision (SE), prédiction de patients à risques, analyse automatique d'images médicales

Grands domaines de l'IA (3)

- Représentation des connaissances
  - Manipuler des connaissances = les représenter symboliquement
  - Un des secteurs les plus importants de la recherche en IA
- Raisonnement : calcul formel
  - Traiter les expressions symboliques
- Apprentissage automatique
  - classification automatique, fouille de données

D'après le site de l'Association Française d'Intelligence Française (AFIA)



Différentes techniques d'IA

- Systèmes experts (SE)
  - Aide à la décision
- Systèmes multi-agents (SMA)
  - Émergence
- Algorithmes génétiques
  - Analyse mathématique et recherche aléatoire
- Réseaux de neurones / connexionnisme
  - Apprentissage automatique
  - Généralisation
  - Reconnaissance de formes
- Vie artificielle

Systèmes à base de règles

- Deux types de connaissances
- Règles : Si *Prémisses* Alors *Conclusions*
  - Règle désignée par
    - ses conditions de déclenchement (prémisses)
    - ses effets (conclusions)
  - L'ensemble des règles forme la base de règles
- Faits :
  - Prédicats exprimant ce qui est vrai. Ex. P(x,y,z)
  - Base de faits
- Raisonnement
  - À partir des faits appliquer les règles, déduire de nouveaux faits, appliquer les règles…
  - … jusqu'à ce qu'il n'y ait plus rien à déduire

Systèmes experts (1)

Edward Feigenbaum

- Programmes conçus pour raisonner à propos de tâches dont on pense qu'elles requièrent une expertise humaine considérable
- Activité très ciblée
- L'expertise humaine n'est pas toujours accessible
  Ex. médecine d'urgence
- Objectif : faciliter le transfert d'expertise
  - de l'expert vers l'entreprise, dans le cas d'un départ
  - de l'expert vers un utilisateur averti, dans le cas d'un expert indisponible
  - de l'expert vers d'autres experts, dans le cas d'une coopération

Systèmes experts (2) ex. MYCIN

- Diagnostic des maladies du sang - 1974
- Tâche
  - Aide à la détermination de la meilleure thérapie lors d'une infection bactérienne en 4 étapes :
    - déterminer l'importance de l'infection
    - déterminer l'organisme responsable
    - identifier des médicaments potentiellement utilisables
    - choisir le meilleur traitement pour le cas considéré
- « Taille »
  - 200 règles sur les maladies infectieuses du sang
  - 300 règles sur la méningite
- Formalisme
  - règles de production avec coefficients de certitude
- Très bon diagnostic car spécialisé dans certains types de leucémies

Systèmes experts (3)

- Ruée sur les SE dans les années 80
- Désillusion début des années 90
  - expertise difficile (impossible ?) à collecter
    - l'expert n'est pas expert de son expertise
  - rigidité du système
    - si le monde évolue un peu, tout le système doit changer
  - coûts énormes pour des systèmes peu utiles !
- Les systèmes experts on failli tuer l'IA
  - le temps de l'« Informatique Avancée »
- IA années 90
  - systèmes à base de connaissances, RàPC, *etc.*
  - accompagner l'utilisateur plutôt que le remplacer

Autres techniques d'IA

- Nécessité de prendre en compte l'évolution du système
- Introduction de la notion d'émergence
  - « le tout est différent de la somme des parties »
  - création de comportement qui ne peuvent être réduits à ceux existants au préalable, dépend de l'observateur
  - Exemple : Jeu de la vie (Conway)
- Connexionnisme :
  - prise en compte de modèles biologiques
  - respect de contraintes biologiques
- Systèmes multi-agents
- Vie artificielle (SMA / robotique)
  - Prise en compte de l'environnement
    - Société
    - Environnement physique

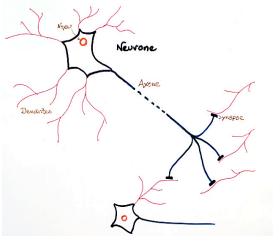
Connexionnisme (1)

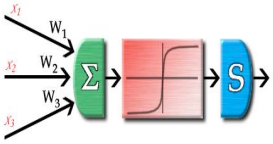
- Inspiration biologique
  - Modélisation du fonctionnement des neurones biologiques
  - Unité de base : le neurone formel de Mc Culloch et Pitts
    - une fonction à seuil possédant une sortie et dont les entrées sont reliées à d'autres neurones
  - Constitution de réseaux de neurones artificiels (formels) qui apprennent et généralisent
    - modèle rudimentaire du cerveau

Connexionnisme (2)

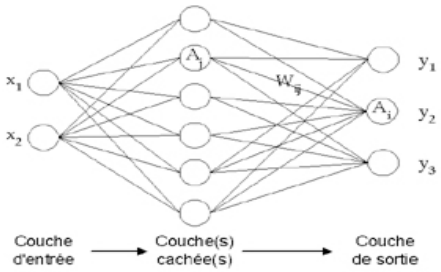
- Émergence de propriétés globales
  - Un seul neurone n'a pas de signification
  - La sémantique émerge du fonctionnement du réseau
  - Approche sub-symbolique
    - calcul logique sur des symboles remplacé par des opérations numériques sur des données
- Utilisations
  - reconnaissance de forme
  - catégorisation
  - …

Neurone formel de MC Culloch & Pitts - 1943





Exemple de réseau de neurones artificiel



Connexionnisme (3) : applications

- Modèles de
  - Mémoire associative
  - Reconnaissance visuelle
  - Catégorisation
- Résultats plus satisfaisants que les approches classiques cognitivistes
  - Plus robustes
  - Plus rapides
  - Plus flexibles
  - Remise en question de l'approche séquentielle
- Les modélisations connexionnistes de fonctions cérébrales font évoluer les neurosciences

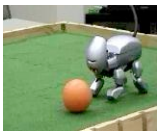
Systèmes Multi-Agents (SMA)

- Définition *agent* :
  - Entité active et autonome
    - qui interagit avec un environnement (réel ou simulé)
    - qui peut être intelligente, adaptative ou sociable
- SMA : société d'agents
- Approche sociale (agents réactifs)
  - Émergence de fonctions cognitives
  - Pas de contrôle central
- Exemple classique : fourmis

Vie artificielle

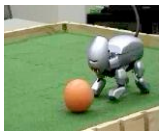
- Prise en compte de l'environnement (réel ou simulé)
- Adaptation du système à l'environnement
- Approche sociale de la cognition
  - L'intelligence et les fonctions cognitives émergent par l'interaction
- Modélisation informatique
  - Systèmes multi-agents : vie artificielle virtuelle
  - Robotique : vie artificielle réelle
    - Prise en compte du « contenant »

Robotique (1)

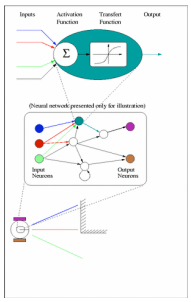


- Première génération
  - Robots capables d'exécuter une série de mouvements préenregistrés
- Deuxième génération
  - Robots dotés de moyens de perception visuel leur permettant de prendre certaines décisions
- Troisième génération
  - But des robots : Acquérir une plus grande autonomie
    - Ex. se déplacer dans un environnement inconnu

Robotique (2)



- Prise en compte des contraintes de l'environnement réel
- Idée : prise en compte du contenant/corps dans notre relation au monde et la constitution de nos connaissances
  - Ex. : apprentissage de catégories
  - Exemple : animatLab



Conclusion : apport de l'informatique aux sciences cognitives

- Des outils…
  - intérêt des capacités de calcul et de stockage de l'ordinateur sur un grand nombre de données
- …pour expliquer
  - montrer qu'il est possible de manipuler des symboles dans un système physique
  - pour les expérimentations : outils d'analyse de données
- …pour modéliser
- …pour simuler

Conclusion : apport des sciences cognitives à l'informatique

- Apport de nouvelles questions à l'informatique
  - naissance du domaine de l'IA
- Étude du raisonnement, de l'acquisition de connaissances, de la perception ⇒ nouveaux modèles pour la réalisation de systèmes informatiques
  - Ex. RàPC, systèmes experts
- Les connaissances sur le fonctionnement cognitif permet d'adapter les systèmes aux hommes
  - Ex. ergonomie, IHM, EIAH, systèmes d'aide, *etc.*
  - Favoriser le couplage

Sciences cognitives : deux associations

- Estigma
  - Association étudiante lyonnaise en SC
  - http://www.estigma.fr/
- ARCo
  - Association pour la Recherche Cognitive
  - http://www.utc.fr/arco/
  - Revue : Intellectica

Annexe : Workshops à IJCAI05

(IJCAI = International Joint Conference on Artificial Intelligence)

- Agents Applied in Health Care
- Agents in Real-Time and Dynamic Environments
- Computational Creativity
- Computational Models of Natural Argument
- Configuration
- Distributed Constraint Reasoning
- Knowledge and Reasoning for Answering Questions
- Modelling Others from Observations
- Model-Based Systems
- Reasoning with Uncertainty in Robotic

Annexe
Un exemple de dialogue homme machine
ELIZA - Joseph Wiezenbaum (1966)

ELIZA: Bonjour, je suis votre psychothérapeute. Parlez-moi de vos problèmes.
Patient: Je suis très angoissé
Pourquoi dites-vous que vous êtes très angoissé ?
C'est à cause de ma femme
Parlez-moi de votre famille
J'adore mes enfants
J'aimerais que vous me parliez de vos relations avec vos enfants
Personne ne m'aime
Est-ce que ça vous ennuie que personne ne vous aime ?
Oui, je me sens seul
Votre vie sexuelle y est peut-être pour quelque chose, continuez sans crainte

Remerciements

- Ce cours est une évolution (2005-2006) du cours de Magali Ollagnier-Beldame (2004-2005), lui même évolution du cours Sandra Nogry (2003-2004)