

Bases de l'IA

Isis TRUCK

Université Paris 8 / EPHE

2014-2015

Bibliographie

- *Revue d'Intelligence Artificielle*, Hermès-Lavoisier, ISBN: 0992-499X
- J. Pitrat, *De la machine à l'intelligence*. Hermès, 1995
- D. Kayser, *La représentation des connaissances*, Hermès, 1997
- A. Cornuéjols, L. Miclet, *Apprentissage artificiel – Concepts et algorithmes*, Eyrolles, 2002
- S. Russel, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition)* , Prentice Hall, 2009
- etc.

Plan

- L'IA, en quelques mots
- Historique
 - Pionniers
 - Premiers automates
- IA : Imitations et aide
 - Verrous
 - Raisonnement
 - Langue
 - Perception
- Les grands domaines de l'IA
- Emploi du temps de la semaine

L'IA, en quelques mots (2)

- Intelligence artificielle **forte**
 - Doter la machine d'une *conscience* (débat : conscience ne peut exister que chez les êtres vivants)
 - Doter la machine de *sentiments*
 - La machine doit *comprendre et apprendre*
 - La machine peut faire de *l'apprentissage symbolique* (apprentissage de l'homme fondé sur les représentations)
- Intelligence artificielle **faible**
 - Systèmes doivent être *autonomes*
 - Formalisation des calculs (*calcul formel* vs. calcul numérique)
 - *Aide à la décision*
 - *Imitation* du *raisonnement* humain
 - *Simulation* de l'intelligence

Historique (1)

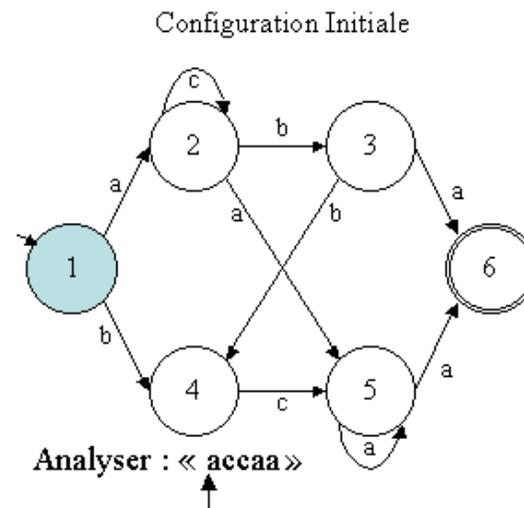
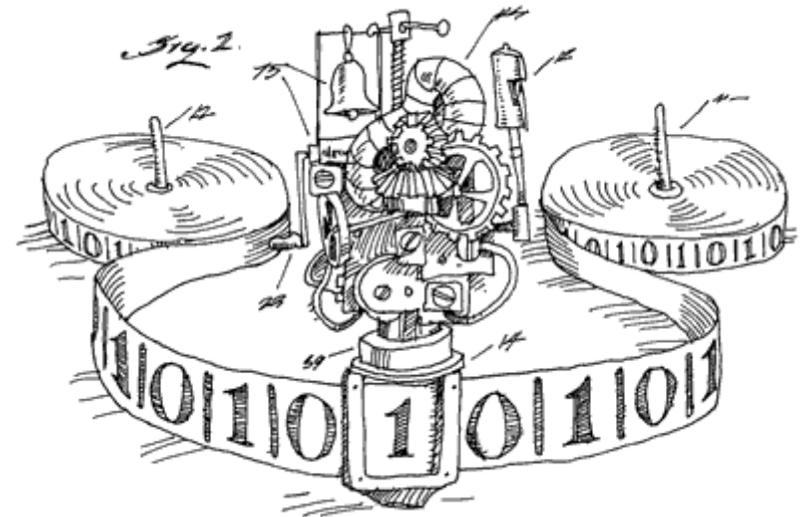
- Des pionniers :
 - Alan Turing
 - John McCarthy
 - Herbert Simon
 - Marvin Minsky
 - Douglas Hofstadter
 - Jacques Pitrat
 - etc.

Alan Turing (1912-1954)

- a inventé une *expérience de pensée* : tout problème **décidable** peut s'écrire comme une suite finie d'actions (instructions) simples et décrites à l'aide d'un nombre limité de symboles
- l'algorithme doit toujours produire le résultat en un nombre d'étapes **fini**
- => il s'agit de la **machine de Turing** (1936) qui est un **modèle abstrait** du fonctionnement des appareils mécaniques de calcul et qui est à l'origine des 1ers calculateurs et ordinateurs

Alan Turing (1912-1954) (2)

- Machine de Turing
 - formulation abstraite d'une manière universelle d'effectuer des calculs,
 - c'est-à-dire de mettre en œuvre (*implémenter*) des algorithmes
 - 1^{ère} schématisation du travail d'un ordinateur : traitement de l'information sous forme numérique (symboles sur le ruban) à l'aide de programmes (l'automate)
- Automate à états finis (qui est une machine de Turing)



File Machine ?

1 1 0 1 1

Symbols Table Script

```

graph LR
    Start((Start)) --> loop((loop))
    loop -- "1 -> (nothing,1)" --> loop
    loop -- "0 -> (nothing,1)" --> loop
    loop -- "1 -> (nothing,1)" --> endCond1((endCond1))
    endCond1 -- "1 -> '1',1" --> endCond2((endCond2))
    endCond2 -- "out -> (nothing,0)" --> allOK(((allOK)))
  
```

INFO: Ultimate Turing Machine (c) by Martin Gwerder
 INFO: =====
 INFO: opening file 'NFA.ts'
 INFO: successfully loaded 4 states and 1 tapes
 WARNING: Non deterministic state reached. stacking states and executing first possibility (other possibilities left:1)
 INFO: Step forward executed. New state is "loop"
 INFO: Step back executed. New state is "loop"

Rew Undo Stop Reset Step Play FF Speed
 Position
 0

John McCarthy (1927-2011)

- Connu notamment pour avoir inventé
 - un algorithme d'évaluation (utilisé entre autres dans les programmes de jeux d'échecs)
 - le langage Lisp en 1958 :
 - Lisp = famille de langages
 - À l'origine, Lisp = *list processing* => traitement de listes
 - Notation mathématique pratique pour les programmes (influencée par le lambda calcul)
 - Un programme est composé de variables écrites sous forme de listes parenthésées que l'on manipule avec des fonctions

Herbert Simon (1916-2001)

- comment les activités intellectuelles humaines peuvent être automatisées?
- Proposition de programmes de **démonstration de théorèmes**
- Avec Allen Newell, il a montré vers 1972 comment la réalisation de programmes était importante en psychologie, car ce sont alors des modèles qui permettent de vérifier une hypothèse

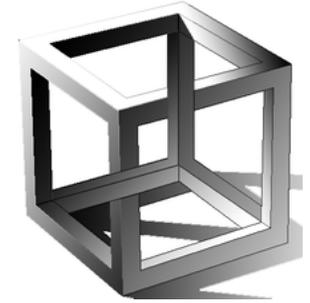
Marvin Minsky (1927-)

- A surtout travaillé sur la représentation des connaissances
- A critiqué le perceptron (représentation simplifiée d'un réseau de neurones) car incapable de résoudre des problèmes non linéaires (dont les solutions sont non linéairement séparables)
- Développement du concept de *frame* et du *Frame representation language* (1974)

Jacques Pitrat (1938?-)

- A travaillé (depuis les années 1970) sur
 - systèmes à bases de connaissances (systèmes experts...),
 - démonstrateurs de théorèmes,
 - méta-connaissances (connaissances sur les connaissances)
 - Recherches sur la conscience (*The conscience of a conscious machine*, Wiley, 2009) :
 - Pitrat prétend qu'il est possible de créer des sujets artificiels avec des capacités de conscience.
 - Mais cette conscience n'est pas similaire à la nôtre, créant ainsi une nouvelle forme de conscience
 - Ainsi, ces sujets artificiels ont des performances qu'un humain ne peut atteindre parce que notre intelligence repose sur des réseaux de neurones qui nous imposent des restrictions

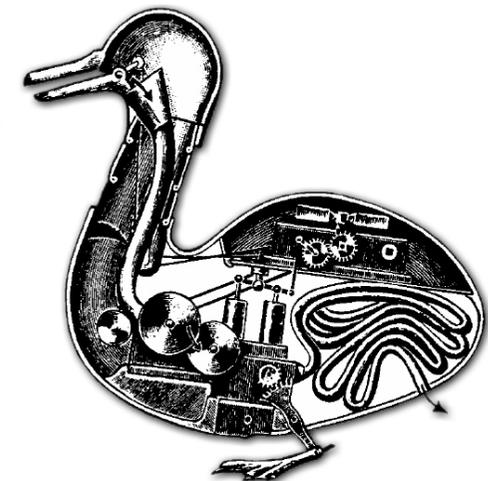
Douglas Hofstadter (1945-)



- Auteur notamment de *Gödel, Escher, Bach: les Brins d'une Guirlande Eternelle* (1979)
 - concepts d'analogie, de paradoxe, de récursivité, d'infini, et de système formel
 - analogie entre les systèmes formels et la manière dont se développe l'Univers : est-ce que l'Univers suit des règles assimilables à celle d'un système formel ?
 - problématique de la **conscience**, de la **pensée humaine**, et étude de la façon dont les particules élémentaires ont pu s'assembler pour former un être capable d'intuitions, de pensée, mais aussi de s'extraire de la logique des systèmes formels
 - comparaison entre l'homme et les machines douées d'intelligence artificielle

Historique (2)

- Premiers automates
 - Lion de Léonard de Vinci (1515) :
 - pour François 1^{er}
 - grâce à un mécanisme interne, le poitrail de l'animal s'ouvrait pour faire apparaître une fleur de lys (symbole monarchie)
 - Canard de Vaucanson (1738) :
 - automate supposé digérer des aliments grâce à des pignons placés sur un **cylindre gravé**, qui contrôlaient des baguettes traversant les pattes

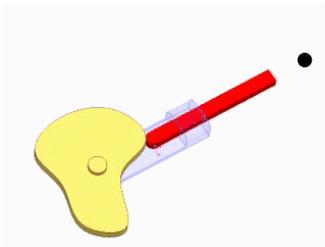


Historique (3)



– Famille Jaquet-Droz (1767 – 1774)

- la **musicienne** : joue cinq morceaux en enfonçant les touches d'un orgue. La poitrine, les yeux sont commandés également pour plus de réalisme
- le **dessinateur** : poupée capable de faire 4 dessins. Des *comes* encodent les mouvements de la main dans les deux dimensions de la feuille ; une troisième came sert à lever ou baisser le crayon
- l'**écrivain** : système de comes pour tracer les caractères de l'alphabet (jeu de 40 caractères). Texte encodé sur une roue dont la longueur des dents détermine le choix du caractère à tracer. On pouvait changer la roue.
- Particularité : possibilité de **modifier** les **cylindres** qui commandaient les automates, les rendant ainsi « **programmables** »



IA : Imitations et aide (1)

- On peut imiter:
 - Raisonement (décision, jeux, commande, etc.)
 - Langue, compréhension de la langue (TALN, reconnaissance de la parole, ...)
 - Perception :
 - Visuelle : traitement des images, des vidéos, des scènes...
 - Auditive : traitement du signal, du son, reconnaissance de la parole
 - Olfactive : nez électroniques

IA : Imitations et aide (2)

- Utilisation de la **puissance** de la **machine** pour aider l'humain :
 - Exemple : un problème modélisé avec un arbre de décision => l'homme ne peut explorer toutes les pistes (trop long !). La machine, elle (sous réserve du pb d'**explosion combinatoire**), le peut.
 - Machine : « Tout processus dont on peut expliciter les étapes est transcribable sous la forme d'une machine de Turing » (états et changements d'états par des actions élémentaires)

Verrous (1)

- Vitesse de traitement
 - Homme : environ 2×10^{14} opérations logiques simples par seconde
 - Machine (2013) : 64 bits traités en parallèle à une vitesse d'horloge de 3,5GHz. Soit $64 \times 3,5 \cdot 10^9$ opérations par seconde, soit $2,24 \cdot 10^{11}$ opérations/s, soit 1000 fois moins que l'homme.
=> on n'est donc pas très loin.
 - Mais la vraie question est : comment **modéliser** les données ?

Verrous (2)

- Modélisation des données
 - Doit être appropriée, en fonction du traitement que l'on souhaite appliquer ensuite
- Représentation des connaissances
 - Expliciter seulement les connaissances utiles, etc.
 - Cf. mon cours en M1 CNA
 - Résolution de problèmes complexes (reconnaissance de visages, par ex.) : savoir mettre en commun plusieurs processus de raisonnement pour parvenir à une décision

Raisonnement (1)

- Fondé sur la logique (inférences)
 - Booléenne
 - Ternaire
 - Formelle (prédicats...)
 - Floue
- Fondé sur les réseaux de neurones
 - Imitation des neurones biologiques
 - Sorte d'automate avec fonction de transfert (ex. entrées pondérées et sommées, émission d'un signal si somme > seuil)

Raisonnement (2)

- Fondé sur des algorithmes génétiques (cf. vendredi 12/12/14)
 - Population qui se régénère (mutations...)
 - Population représente les concepts avec un rapport coût / gain
 - Recherche d'une solution approchée par petits pas successifs
- Fondé sur les multi-agents (raisonnement distribué)
 - Un agent est un « programme » (un processus, un robot, etc.) qui est autonome, qui a ses propres connaissances mais qui peut également les partager avec les autres agents
 - Un agent peut émettre des hypothèses par **abduction** pour construire son raisonnement

Traitement de la langue

- Pour comprendre le langage humain, on utilise:
 - Un langage formel (syntaxe et grammaires formelles)
 - Du vocabulaire que l'on étiquette (on « tague » les mots)
 - On tente de régler les problèmes de **polysémie**, faux-ami, homonymie... en utilisant le **contexte**, des **ontologies**, la catégorisation sémantique (cf. lundi PM), etc.

Perceptions (1)

- Visuelle : comment l'humain analyse-t-il ce qu'il voit ?
 - **Oculométrie** : (*eye-tracking*) ensemble de techniques permettant d'enregistrer les mouvements de l'œil (cf. jeudi 11/12/14)
 - Vision artificielle : imiter la vision humaine ou animale en utilisant des capteurs (caméras). Les données reçues sont fusionnées en tenant compte de modèles géométriques, biologiques, physiques, statistiques...

Perceptions (2)

- Auditive binaurale : comment l'humain analyse-t-il ce qu'il entend ?
 - Utiliser des capteurs auditifs (microphones) pour reconnaître la parole (un énoncé, un locuteur...)
 - On fait aussi de la perception multimodale (utilisation de plusieurs sources : auditives, mais également visuelles et on explore également le mouvement – pour améliorer la perception)

Perceptions (3)

- Olfactive
 - Un des pans les moins avancés en recherche :
 - on comprend encore mal le fonctionnement de l'olfaction : pourquoi trouve-t-on que « ça sent bon » ? « mauvais » ? « fort » ? etc.
 - Il est encore très difficile de discriminer certaines odeurs : quelles cellules olfactives sont spécialisées pour telle ou telle odeur ?
 - Utilisation de capteurs chimiques pour simuler l'épithélium olfactif
 - Nez électronique : par exemple, on prend 16 capteurs de gaz spécialisés pour différentes familles de composés chimiques. Après un **étalonnage** approprié, le nez électronique quantifie la concentration d'odeur.

Les grands domaines de l'IA

- aide à la décision (domaine très vaste)
- agents adaptatifs et agents décisionnels
- **fouille de données (data mining, information retrieval...)**
- **apprentissage** (utilisé dans beaucoup de domaines)
- **optimisation et résolution de problèmes** (cf. vendredi 12/12/14)
- bases de données intelligentes
- **traitement des images et du son, du multimédia (cf. également information retrieval)**
- **reconnaissance** de la parole, **du texte**, des visages, etc.
- interactions hommes/machine (IHM)
- etc.

Information retrieval (1)

- Catégorisation de textes (cf. mercredi 10/12/14)
- But : rendre un programme capable d'assigner de façon autonome et automatique des documents textuels à leur classe d'appartenance
- Moyens : apprentissage supervisé
 - entraînement du programme effectué sur des documents auxquels des étiquettes de catégorie ont déjà été assignées (par des humains)
 - puis mise en situation : le programme doit catégoriser seul, en utilisant une forme d'association (la co-occurrence) entre les mots provenant d'un texte étiqueté et les mots provenant d'un texte non étiqueté

Information retrieval (2)

- Video retrieval
- But :
 - rendre un programme capable d'assigner de façon autonome et automatique des documents vidéo à leur classe d'appartenance
 - extraire des informations sémantiques de sources de données multimedia (audio, image, vidéo)
- Moyens :
 - Extractions de caractéristiques pour décrire et résumer le contenu du media
 - Filtrage des descriptions des media (élimination des redondances)
 - Catégorisation des descriptions des media en **classes**

Problématique de l'image

- Comment transmettre et manipuler des images ?
- Problème de la **taille** également
 - ⇒ On les compresse et on contrôle la qualité de la compression
 - ⇒ Beaucoup d'applications !
- Exemple : **Application aux images d'empreintes digitales**
 - Une méthode récente (cf. cours de mardi 9/12/14) propose deux nouvelles métriques de qualité d'images
 - Ces métriques sont inspirées du fonctionnement du système visuel humain et sont corrélées au jugement subjectif humain

Emploi du temps de la semaine (1)

- Lundi
 - AM : *Isis Truck* : Introduction au cours
 - PM : *Adil El Ghali* : catégorisation sémantique, annotation linguistique => Trouver la catégorie sémantique commune à une collection de mots en la désignant par un terme générique
- Mardi
 - AM & PM : *Zehira Haddad* : Compression d'images d'empreintes digitales par ondelettes orientées avec contrôle de qualité

Emploi du temps de la semaine (2)

- Mercredi
 - AM & PM : *Marc Bui* : catégorisation automatique de textes
 - matrice de co-occurrence
 - étiquettes de catégorie
 - apprentissage
- Jeudi
 - AM & PM : *Ke Liang* : Vision et ordinateur
 - système d'oculométrie
 - méthodes utilisées pour la détection des yeux et l'estimation du regard

Emploi du temps de la semaine (3)

- Vendredi
 - AM & PM : *Isis Truck* : optimisation et résolutions de problèmes
 - méthodes exactes et approchées
 - plusieurs résolutions dont résolution par programmation dynamique (découpage du problème en sous-problèmes)
 - Q-learning, etc.