

Introduction à l'intelligence artificielle

Positionnement, histoire

Pierre De Loor – ENIB – deloor@enib.fr – www.enib.fr/~deloor



L'intelligence artificielle

- Intelligence :
 - Philosophie
 - Psychologie
 - Neurobiologie
 - ...

- Artificielle :
 - Logique
 - Mathématique
 - Informatique
 - ...



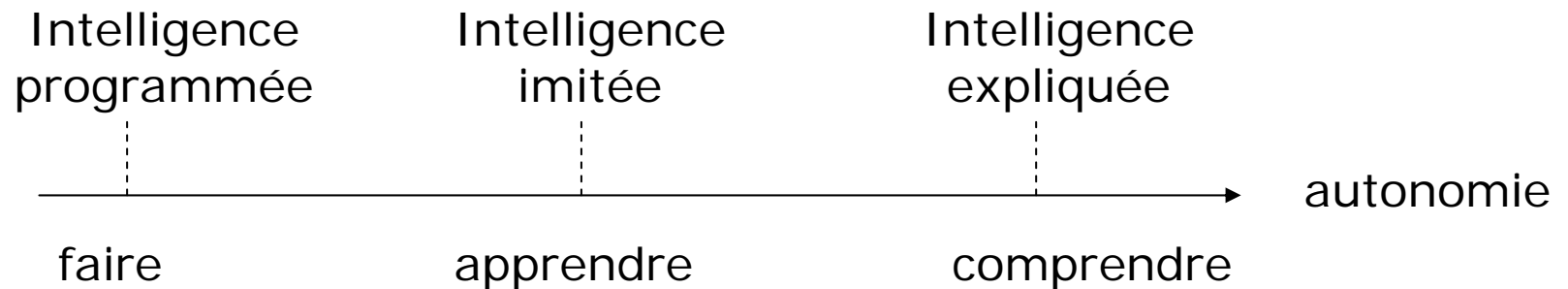
Débat : Une machine intelligente sait

- faire « quelque chose » toute seule
- apprendre à faire quelque chose toute seule
- faire autre chose toute seule : tirer des conclusions des expériences donc **comprendre** ?
 - Ressentir des émotions ...
 - Être consciente ...
- Ou bien ...
 - **Nous faire croire** tout cela donc **imiter** ?

Ne considérons nous pas qu'une chose est intelligente dès que nous lui prêtons une intention ?



Des intelligences



Un système expert est une intelligence programmée : *un cours sur le Case Base Reasoning, un sur les réseaux baysiens.*

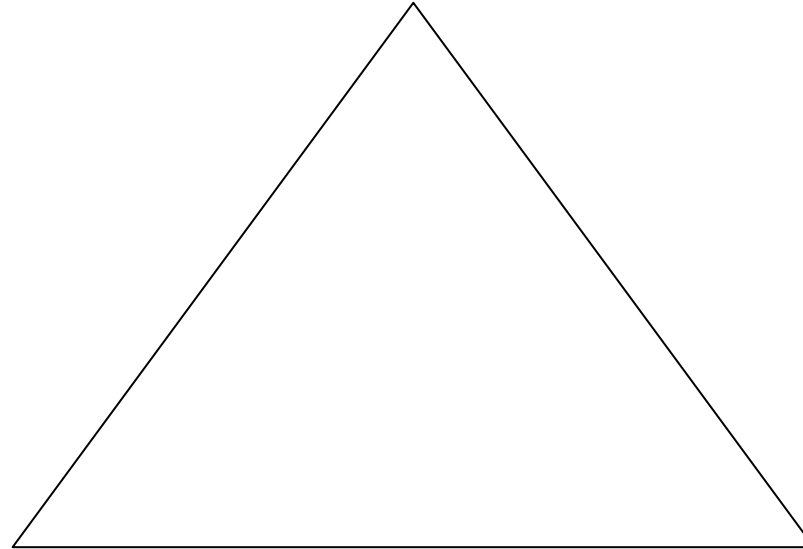
L'apprentissage artificiel est un thème important de l'intelligence artificielle (machine learning) *même s'il reste très éloigné des théories de l'apprentissage humain : 2 cours sur l'apprentissage artificiel*

La compréhension artificielle n'existe pas mais ... un programme peut expliquer (l'objet du *faire* est le *comprendre*)

Si la compréhension est issue de la conscience et que la conscience émerge naturellement de la complexité (Marvin Minsky) ... alors

Décomposition selon 3 courants

Approches pragmatiques



Approches cognitives

Approches connexionistes



Approches pragmatiques

- L'IA est un moyen de développer des programmes efficaces pouvant remplacer l'activité humaine
 - On ne cherche pas à modéliser l'esprit humain
 - L'IA est une boîte noire intelligente si elle réussie à passer certains test (test de Turing par exemple)
 - Domaine des systèmes experts et des heuristiques

Illustration de l'approche pragmatiste : Le Test de Turing

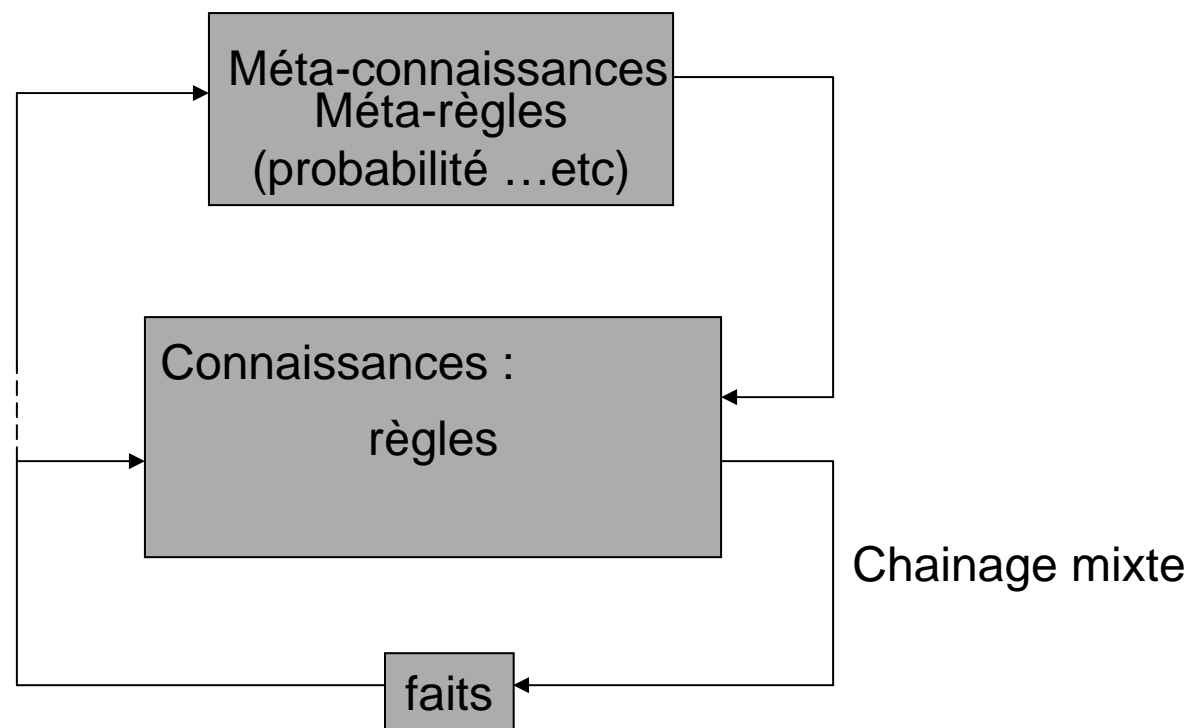
L'un des deux essayent de tromper
L'interrogateur,
L'autre essayent de l'aider



Qui est la femme ?
Qui est l'homme ?

On remplace le premier par
Une machine

Illustration des approches pragmatiques : Les systèmes experts



Exemple : MYCIN (500 règles, probabilités)



Problèmes des systèmes experts

- La représentation d'un domaine
 - Un expert sait plus qu'il ne croit
 - Il ne sait pas exprimer ce qu'il sait ou la façon dont il raisonne
 - Il ne sait pas exprimer ce qu'il sait ou la façon dont il raisonne
 - L'explicitation des connaissances est chronophage
 - Rôle du cogniticien

- Le débogage
 - Que faire quand un S.E. n'est pas d'accord avec l'expert ?

- Le maintien d'intégrité

- Tendances actuelles :
 - Case Base Reasoning (cours RB)



Approches pragmatiques : une interface conversationnelle

- Agent personnel capable de comprendre et d'aider un utilisateur
- Langage naturel
- Exemple : gestion des mails ou des rendez-vous
- Nécessite :
 - l'ancrage sémantique à travers les ontologies ;
 - la définition d'un système de dialogue fondé sur les actes de langage directifs (ordre, question et réponse) ;

Notion d'ontologie

- Situation : chef de projet d'une entreprise pharmaceutique : « What is the balance of the project ? »



Thomson, precise to 0.20mg



Balance of 1,5 million €

1 terme pour deux domaines ... ambiguïté

Applications phares : le web sémantique



Notion d'ontologie

- L'ontologie demande l'étude des catégories des choses qui existent ou peuvent exister dans le domaine d'application.
- Étymologie : Ontos(être) Logos(mot)
- Elle sert de « support » à un système logique

Par elle-même une logique ne signifie rien, c'est sa combinaison avec une ontologie qui fournit un langage d'expression à propos d'un domaine



Notion d'ontologie

- Propre à un domaine
- l'intégrité de l'ontologie étant invariante d'une application à l'autre, il suffit de distinguer parmi les connaissances, celles relevant spécifiquement du domaine, I.E. l'ontologie, pour que l'acquisition puisse être effectuée une fois pour toute, la permanence ontologique du monde assurant ainsi la réutilisabilité (Charlet et al 96)
- Classification possible :
 - (Méta-Ontologie)
 - Ontologies génériques (haut réutilisable)
 - Ontologies de domaine
 - (Ontologie de tâche)



Exemple d'ontologies

- Goi-Taikei's ontology
 - Un lexique de 400 000 mots Japonais pour la traduction
 - Une ontologie
 - Un dictionnaire de la sémantique des mots
 - Un dictionnaire de la structure de la sémantique
 - L'ontologie classe les concepts à utiliser dans l'expression de lien entre les mots. La signification des noms commun est donnée par un arbre 'sémantique hiérarchique' de 2710 nœuds. Chaque nœud est une 'classe sémantique' les arcs représentent une relation 'est-un' ou 'possède-un'. Il y a également 200 classes pour les noms propres et 108 classes de prédicats. Les mots peuvent être affectés à n'importe quelle classe sémantique. Cette sémantique permet la classification des noms verbes et adjectifs.



Exemple d'ontologies

- ThoughtTreasure
 - Langage naturel et bon sens
 - GNU
 - Exemple de connaissances :
 - Soda is drink
 - People have necks
 - Gold hair is called blong hair
 - A play lasts about two hours
 - One hangs up at the end of a phone call



Exemples d'ontologie

- PHYSSYS : modélisation et simulation de systèmes physiques.
- Molecular-Interactions Ontology : ontologie sur les molécules et leurs interactions.
- MeSH : Classification des termes liés à la médecine (anatomie, trouble mentaux, enzymes ...)
- EngMath : Ontologie des mathématiciens. Traitent de concepts tels que tenseurs, scalaire, unités, vecteurs, événements discrets ...
- WorldNet : Clasification de la langue Anglaise selon une théorie psycholinguistique (antonymes, synonymes, hyperonyme ...), 121962 mots, 99642 concepts
- Et beaucoup d'autres ...



Approches pragmatiques : la résolution de problèmes

- Graphes, jeux et heuristiques
 - Recherche alpha-beta
 - Algorithme A*

- Résolution de contraintes
 - Les N Reines
 - Le voyageur de commerce



Approche cognitive

- L'IA est la réalisation de programmes imitant dans leur fonctionnement l'esprit humain
 - Approche calculatoire des sciences cognitive
 - Il existe des états mentaux entre entrée et sortie du cerveau
 - Ils sont manipulés par un algorithme
 - Ils sont étudiables scientifiquement
 - Approche portée par les linguistes et les psychologues cognitivistes
 - Domaine des logiques

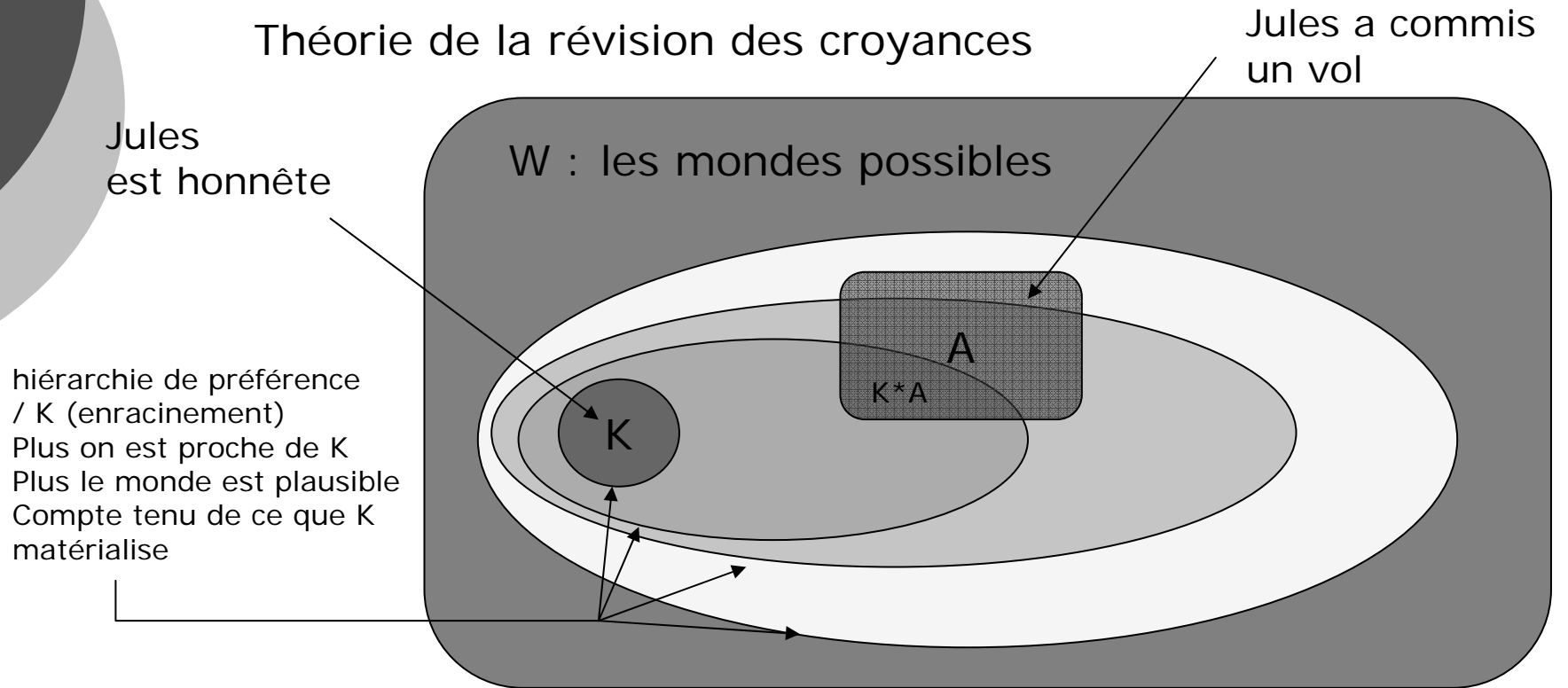


Illustration des approches cognitives

- Extension de la logique classique
 - Paradoxe de l'implication matérielle
 - Représentation des exceptions aux règles
 - Révisions de croyances

- Logiques modales
- Logiques non monotones

Illustration des approches cognitives



Le rond K est l'ensemble des mondes associés à K

A est un message contradictoire (de K)

K*A est la révision des croyances : préserver les croyances

Les plus enracinées



Illustration des approches cognitives : logique non monotone

- Accepter l'exception
Les oiseaux savent voler... sauf l'autruche
 $(X = \text{oiseaux}) \mid \sim (X \text{ sait voler})$
Cette logique acceptera le fait « (autruche=oiseaux) et
(autruche ne sait pas voler) »
- Raisonnement : la monotonie prudente
Les chercheurs se passionnent pour leur travail : $C \mid \sim P$
Mais est-ce que les chercheurs mal payés (M) se
passionnent pour leur travail ?
Oui s'il on considère que en général les chercheurs sont mal
payés

D'où l'axiome :
 $(C \mid \sim P) \wedge (C \mid \sim M) \Rightarrow C \wedge M \mid \sim P.$

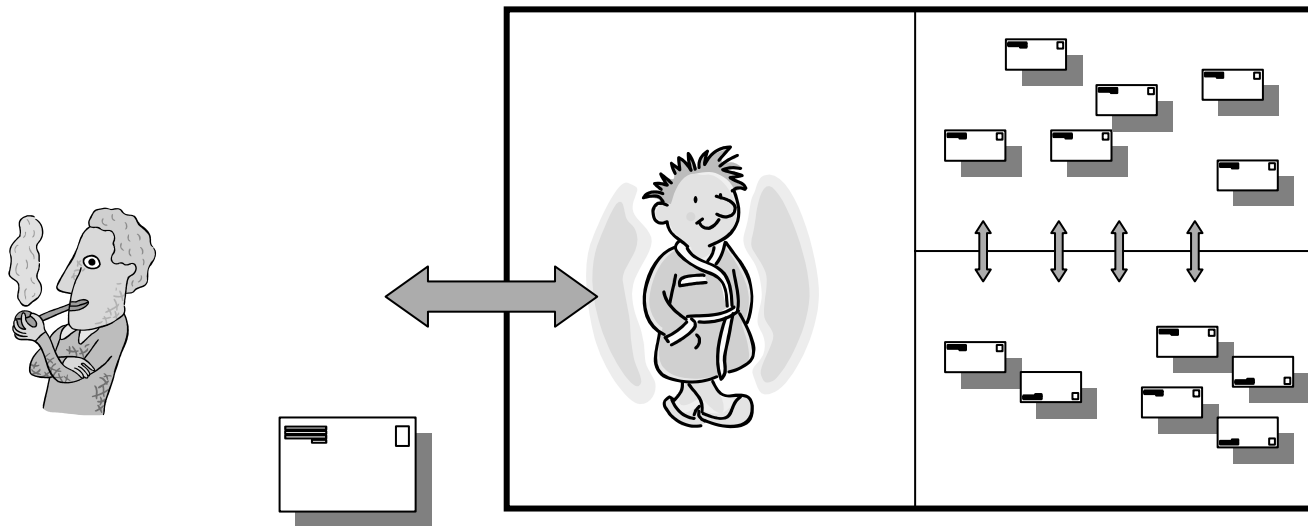
Les cognitivistes 'forts' postulent que la compréhension est un mécanisme

- Un système formel ne peut se comprendre lui-même (Goëdel, Church-Turing).



- Est-ce une limite de l'automatisation du raisonnement ?

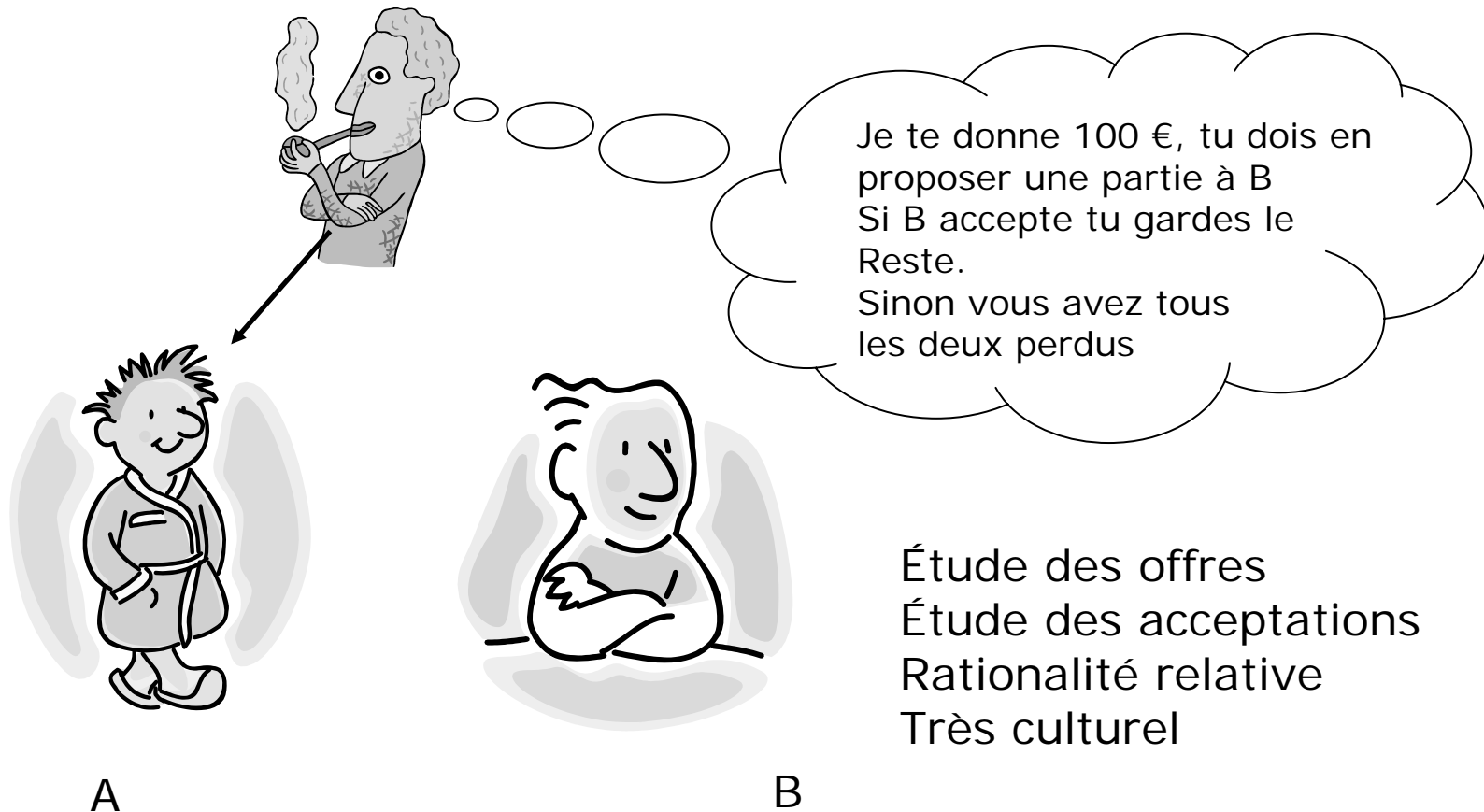
Réflexion philosophique : La chambre chinoise (Searle)



- La syntaxe est insuffisante pour produire la sémantique
- Distinction entre Intentionnalité originale et intentionnalité dérivée
- Selon Searle la conscience est prioritaire sur l'intentionnalité
- Mais c'est un fameux débat

Rationalité et ...rationalité

Jeu de l'ultimatum : on se sacrifie ... pour nuire aux autres

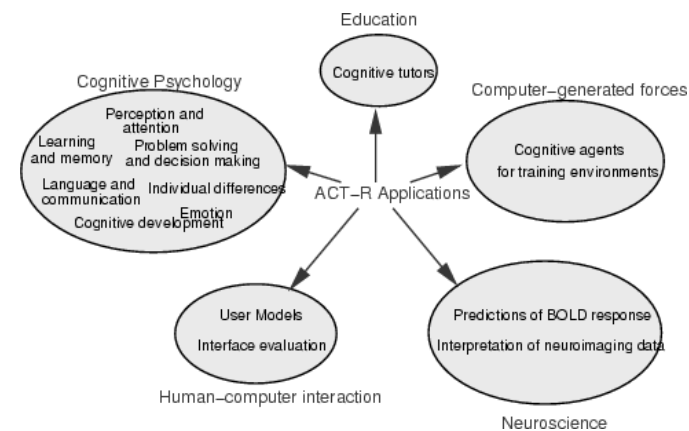


Étude des offres
Étude des acceptations
Rationalité relative
Très culturel

Les architectures cognitives

- Le modèle du processeur humain
- Soar
 - Axé sur la simulation de résolution de problèmes
 - Méta-règles de résolution en cas de conflits
 - Apprentissage par 'chunking' en cas de résolution de conflits
 - Simulation d'un informaticien voulant débbuger un code complexe, de bots dans des doom-like ...
- ACT-R
 - Intégration de la psychologie cognitive
 - Axé sur la modélisation de la mémoire déclarative (oubli, répétition)
 - Expression de la probabilité d'utilité d'un symbole ou règle selon le contexte

- Usages : simulation

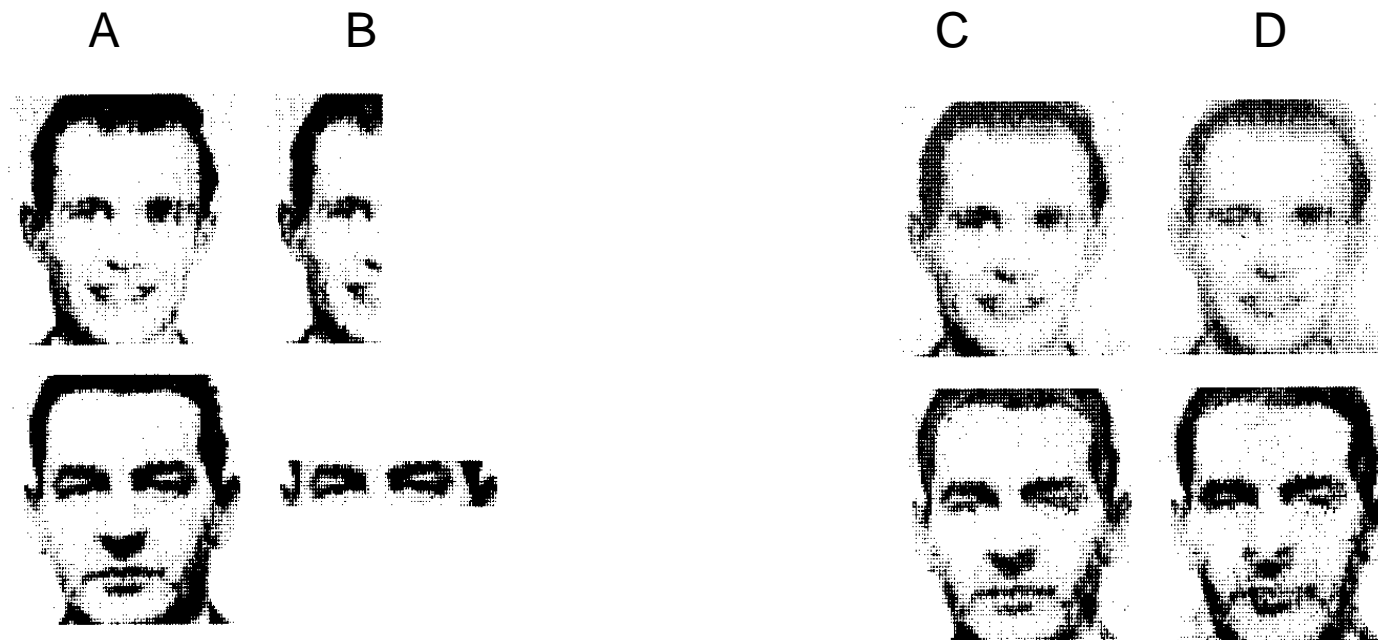




Approche connexionniste

- Réaction au cognitivisme qui est en échec pour modéliser des choses simples pour l'homme
 - Les symboles et les mécanismes cognitifs ne sont pas explicites
 - Si l'on veut mimer l'esprit humain, il faut mimer le cerveau
 - Nœuds interconnectés d'un réseau neuronal
 - Émergence des représentations
 - Domaine de la reconnaissance de forme et des mémoires associatives

Approches connexionnistes : réseaux associatifs :



- a) Images originales
- b) Clefs soumises en entrée du réseau
- c) Images restituées lorsque 160 images ont été stockées
- d) Images restituées lorsque 500 images ont été stockées



Les approches incarnées

- Un organisme évolue grâce à son environnement
- L'intelligence du système émerge de ses interactions avec le monde et parfois des interactions entre ses composants
- Les robots sont situés dans le monde – ils n'ont pas affaire à des descriptions abstraites, mais avec le ici et le maintenant du monde qui influencent directement le comportement du système
- Vers l'Enaction des sciences cognitives



Pourquoi il est difficile de définir l'intelligence artificielle

SIMON (1980, approche analytique) : la seule chose qui a de l'intérêt en cognition, survient au-delà du niveau des 100 milli-secondes... Le temps qu'il vous faut pour reconnaître votre mère.

HOFSTADTER (connexioniste): L'important c'est le lien entre la perception et la cognition : moins de 100 milli-secondes pour reconnaître sa mère (100 000 000 signaux).



Pourquoi il est difficile de définir l'intelligence artificielle

- L'intelligence c'est tout ce que ne peut pas faire une machine (R. Moreau) – sceptique-
- L'I.A. a pour but de faire exécuter à une machine, des tâches pour lesquelles l'homme, dans un contexte donné, est aujourd'hui meilleur que la machine (Allio et Schiex) – informaticiens -
- L'I.A. est la discipline visant à comprendre la nature de l'intelligence en construisant des programmes imitant l'intelligence humaine – (A. Bonnet) - psychologie-cognitive –
- Votre définition :



Un peu d'histoire

Peut nous aider à faire le point



Un rêve humain

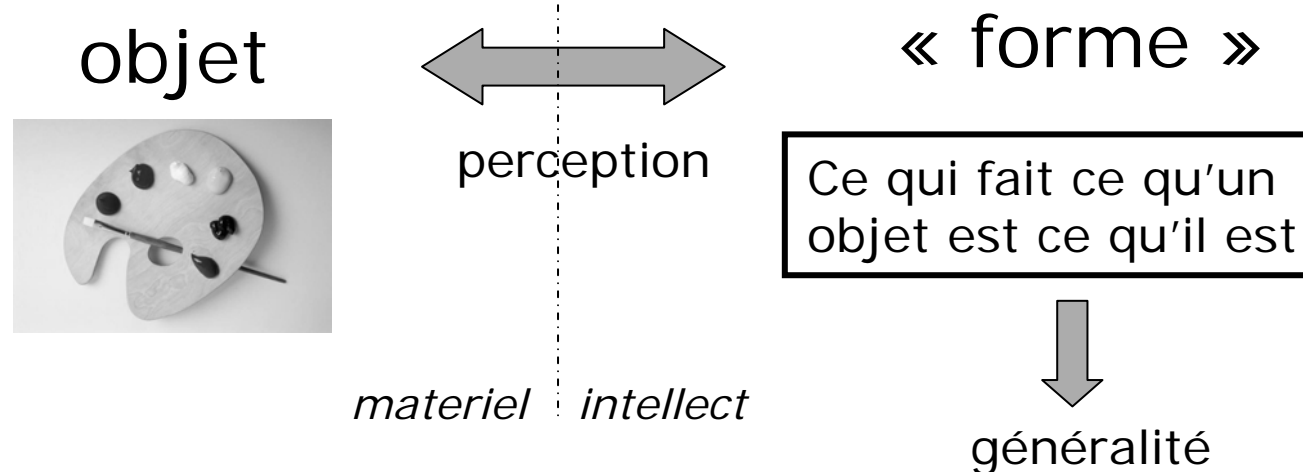
- L'Iliade (IX avant JC)
 - Tables à roulettes pour servir les gens
 - Femmes en or pouvant être prises pour des femmes réelles ..

- Asimov : les robots

Émergence de la représentation

o Scolastiques :

- Le terme « penser » n'existe pas
- Notion de « forme »

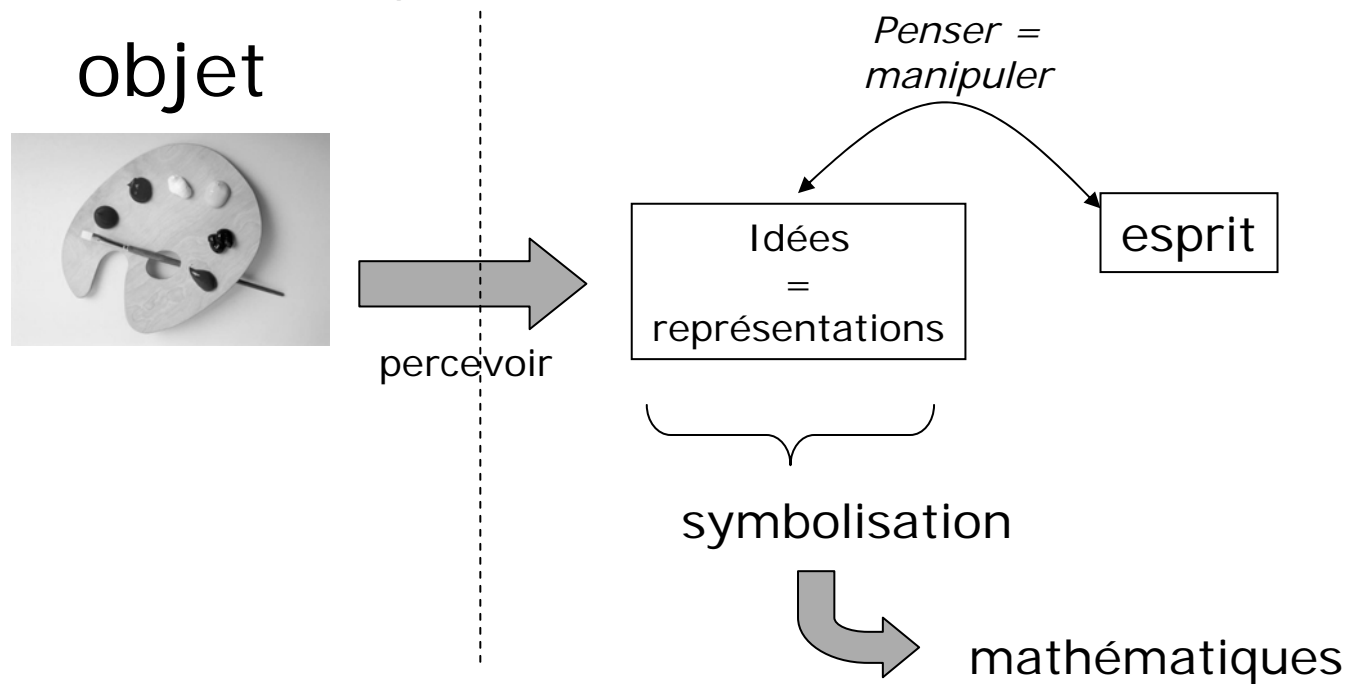


L'homme est capable de « percevoir » les « formes »
Connaître = Comprendre = Voir

Émergence de la représentation

o Modernes (XVI, XVII)

- Des scolastiques vers représentationalistes
- Penser = manipuler des idées



Bacon, Boyle, Descartes, Hobbes, Locke

Prémises d'automatisation

- XVII / XVIII siècle
 - Descartes : l'animal-machine
 - Automates (joueur de flute/canard)
 - La Mettrie : l'homme-machine
 - Apparition de l'Idée de faire penser une machine

- La pensée est une manipulation de représentation/symboles.



- Conscience ? (John Locke 1690)

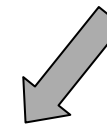
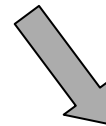
Leibniz (1646-1716)



représentation

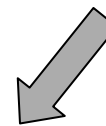
mathématiques modernes

horloges



raisonnement

horloges à calculer

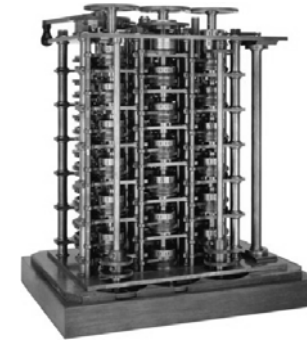


Automatisation de la raison

Babbage

- La machine à différence

Version 1832, Pas achevée par babbage



- La machine analytique
 - Cartes perforées inspirées de Jacquart (motifs des métiers à tisser)
 - Cylindres à picots
 - Séquences + données
 - Repris plus tard par le fils de Babbage
 - Inspira de nombreux projets futurs



Algébrisation de la logique

- Introduction de l'ensemble vide, Boole 1854
 - Catégorie qui ne contient rien
 - Catégorie qui contient tout
 - Démonstration logique = calcul algébrique
 - Aucun A n'est $B \cong x^*y = 0$
 - Quelques A sont $B \cong x^*y = v$
 - Un pas vers l'automatisation

Travaux sur la résolution d'équations différentielles

o Intégrateur mécanique

- Résoud des équations différentielles d'ordre 1
- Herman (1814)

o Analyseur différentiel

- Vannevar Bush 1931 MIT

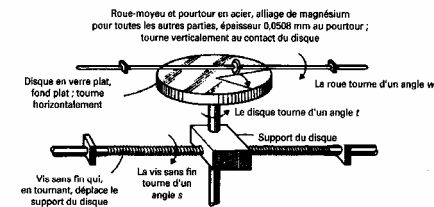


Fig. X. 1 - Principe de la roue et du disque intégrateur
Source : E. C. Berkeley, *Giant Brains*, New York, J. Wiley & Sons, 1949, p. 79. Publication Cambridge University Press

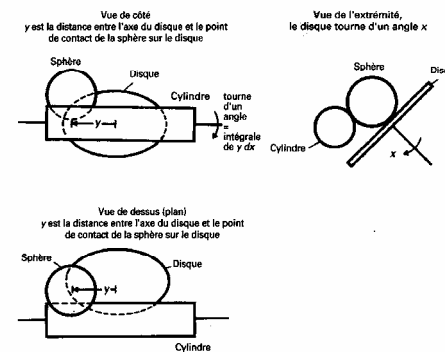
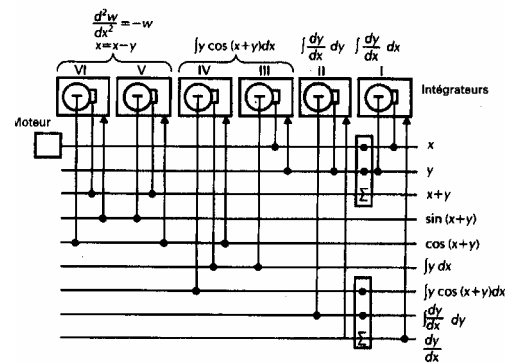


Fig. X. 2 - Principe de l'intégrateur de Thomson avec disque, sphère et cylindre
Source : D. R. Hartree, *Calculating Instruments and Machines*, Cambridge University Press, 1949, p. 6

Électromagnétisme et électricité

○ MARK I

- Mise en parallèle de machines à calcul
- Lecture de cartes perforées
- Combinaison méca/élec/électro-mag (embrayage/compteurs)
- 16 * 8 mètres
- Howard Aiken 1944

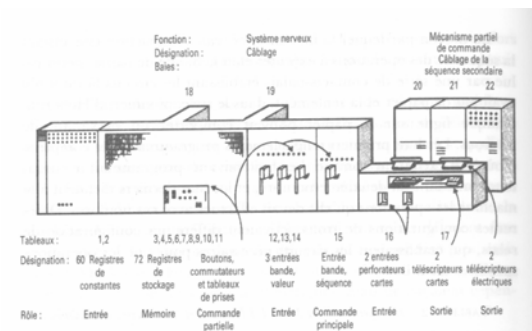
○ L'arrivée des relais

- Relais = portes logiques (Stibitz 1937)
- Architecture avec 1500 portes logiques (Zuse)

TABLEAU 2 - Les opérations du Mark I

Opération	Durée d'exécution (en secondes)
Addition	0,3
Soustraction	0,3
Multiplication	6,0
Division	11,4
Log ₁₀ x	72,6
10 ^x	61,2
10 ^{x/y}	60,0

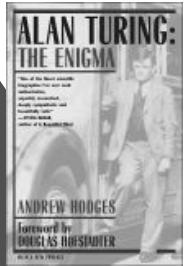
Source: S. Fernbach et A. H. Taub (eds), *Computers and their Role in the Physical Sciences*, New York, Gordon & Breach, 1970, p. 48.





Vers les ordinateurs

- Moteur : 2^{ème} guerre mondiale
 - Calcul de tir
 - Recherche sur les bombes atomiques
 - ENIAC (américain)
 - 18000 portes logiques
 - Chiffrage des codes
 - ENIGMA (Allemand)
 - Code changé toutes les 8 heures
 - Déchiffré par COLOSSUS / Turing 1944



La perspective de Turing (1912-1954)

- S'intéresse au problème de la calculabilité d'une fonction (nombre d'étapes fini)/L'indécidabilité ayant été prouvée par Gödel
- Défini la classe des « Machines de Turing » opérant ces calculs

		États	q1	q2	q3	dynamique
entrées	l0		q2	q3	q1	
	l1		q1	q2	q3	
Etats			q2	q3	q1	
Sortie			o0	o0	01	



Turing

- Participe à l'automatisation du raisonnement
- Défini la machine universelle de Turing
- Postule avec Alonzo Church que toute forme de pensée humaine susceptible d'être exprimée dans un langage peut-être simulée par la machine universelle
- Explicite les principes d'un programme pouvant jouer aux échecs (1950)
- Défini le « test de Turing » que doit passer une machine pour être qualifiée d'intelligente



Cybernétique

- Moteur : guidage de tir (2^{ème} guerre mondiale)
- Inspiration biologique/physiologie
- Boucle de rétro-action
- Neurone formel (1943)
- Wiener, McCulloch, Pitts



Sciences économiques

- Prise de décision automatique
- Travail sur la démonstration
- Premier langage de l'IA : Information Processing Language II, ou IPLII
- Premier programme de démonstration automatique (Logic Theorist 1956)
- Herbert Simon, Newell,



Deux écoles

Cybernétique

Processus d'apprentissage
Robotique
Systèmes experts

Wiener, Minsky

(MIT)

Traitement symbolique

Nature du raisonnement
General Problem Solver

Newell, Simon

(Carnegie-Mellon)

d'après Vernon Pratt



Grandes étapes de l' I.A.

- 1930-1950
 - Automatisation du calcul et du raisonnement (Turing, Göedel, Church Herbrand)
- 1956 Naissance du terme « intelligence artificielle »
 - Conférence (US) en 1956 (John McCarthy, Marvin Minsky, Alan Newell, Herbert Simon)
 - Proposition d'un programme d'échec
- 1950-1975
 - Premier programme « Logic Theorist » (Newell et Simon 1956)
 - LISP
 - General Problem Solver
 - Heuristiques performantes aux échecs
 - Début du traitement des langues : réseaux sémantiques/frames/script
 - Système expert Dendral
 - Systèmes à base de connaissances
- 1970-1980
 - L'apprentissage artificiel
 - Pragmatique/bon sens
 - Logiques non classiques (Allen, Mac Dermott)
 - Physique Naïve/qualitative (Hayes, Forbus, Kuipers)



L'I.A et les polémiques :

- En 1955, le neurophysiologiste Warren McCulloch, pressé de déconstruire toute idée de spécificité humaine, n'hésitait pas à affirmer : *Les hommes ne sont pas seulement analogues aux machines, ils sont machines.*
- En 1965, le futur prix Nobel d'économie, Herbert Simon, déclarait : *Les machines, d'ici vingt ans, [seront] capables de faire tout ce qu'un homme peut faire.*
- Marvin Minsky : *La prochaine génération d'ordinateurs sera si intelligente que nous aurons bientôt de la chance s'ils consentent à nous prendre chez eux comme animaux de compagnie.*
- Théorie forte
 - L'homme est une machine
 - Ni âme, ni esprit, ni conscience, ni intention
 - Il n'est pas impossible de la reconstituer
- Théorie faible
 - La machine peut aider l'homme, il faut construire des méthodes et des modèles s'inspirant de notre connaissance.
- Simulation
 - Faire des machines qui imitent l'homme sans leur prêter une quelconque « intelligence ».



Quelques vedettes de l'IA

- 1958 - John Mc CARTHY : LISP
 - IA Analytique, relativise beaucoup s'interesse désormais au « bon sens ».
- 1972 - Terry WINOGRAD
 - SHRDLU (micro-monde)
- Herbert SIMON
 - inconditionnel de l'IA, analyse ses échecs, y croit toujours.
- Allen NEWELL
 - GPS,
 - SOAR : synthèse des expériences et des échecs
- Avron BARR (années 1980)
 - méta-connaissance
 - Apprentissage
- PITRAT
- COLMEUR
- MINSKY
- Seymour PAPERT
 - LOGO
- Hubert DREYFUS
 - le critique de l'IA
 - un expert intuitive, il ne réfléchi plus
- BROOKS



Bibliographie

- **Intelligence artificielle et psychologie cognitive**, *Hervet Chaudet et Liliane Pellegrin*, Dunod 1998.
- **Les chemins de la logiques**, Dossier dans pour la science, Octobre/Decembre 2005.
- **Modélisation cognitive et résolution de problèmes**, *Guy Caplat*, Presses polytechniques et Universitaires Romandes.
- **Machines à penser, une histoire de l'intelligence artificielle**, *Vernon Pratt*, PUF, 1987.
- **The essence of artificial intelligence**, *Alison Cawsey*, 1998.