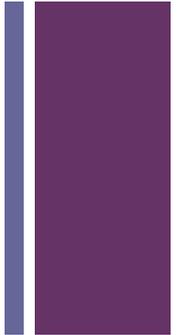




# Exemples du système d'IA ( ? )



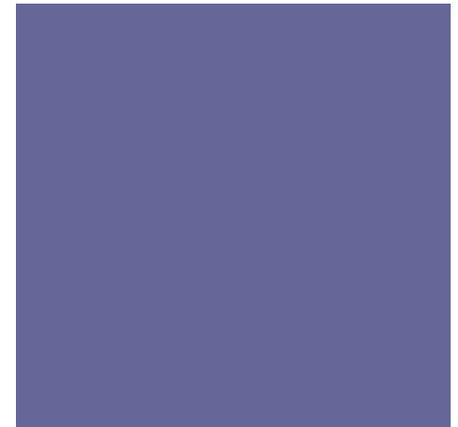
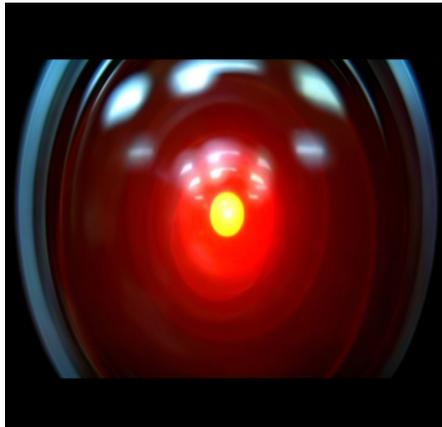
- Deep BLUE v.s. Kasparov in 1997
- Jeopardy- IBM Watson in 2011
- RoboCup2014
- MoreRobo
- **AlphaGo 2017**  
AlphaGo - The Movie | Full award-winning documentary
- **ChatGPT 2022**  
It's you who will tell a story of it ... Your views on IA





# Introduction à l'intelligence artificielle :

## Contraintes et Résolution

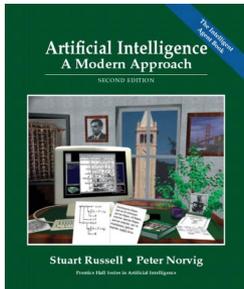


Yue Ma

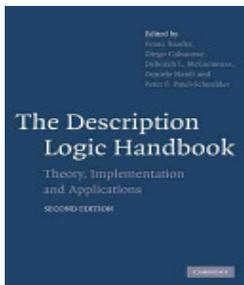
contact : [yue.ma@u-psud.fr](mailto:yue.ma@u-psud.fr)

# + Références et sources du cours

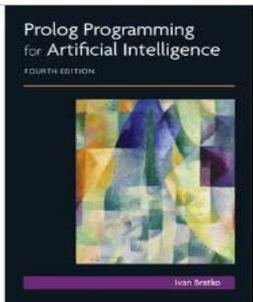
Source : cours de **Laurent Simon et Fatiha Saïs « IA – Polytech Paris-Sud – Apprentis »**



« **Artificial Intelligence, a modern approach** »  
 Stuart Russell, Peter Norvig,  
 Prentice Hall Ed  
 (1994 → 2009 3eme édition )



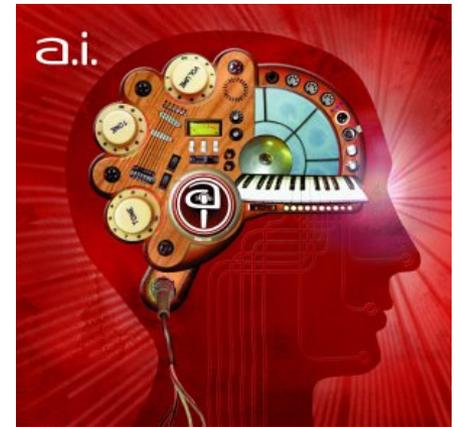
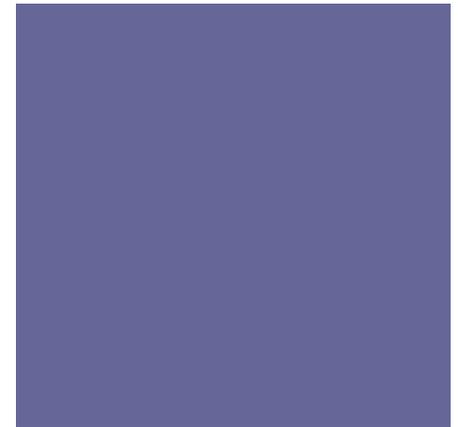
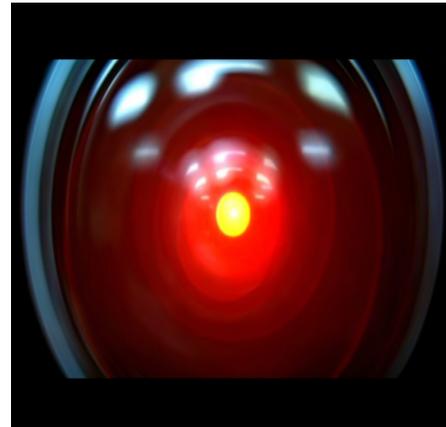
« **The Description Logic Handbook :  
 Theory, Implementation and Applications** »  
 Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah L. McGuinness,  
 Daniele Nardi, Peter F. Patel-Schneider  
 Cambridge University Press Ed (2002 → 2010 2ème édition)



« **Prolog Programming for Artificial Intelligence** »  
 Ivan Bratko  
 Pearson Education  
 (1986 → 2011 4ème édition)



- \* Intelligence Artificielle (IA)
- \* Machine de Turing
- \* Historique
- \* Aujourd'hui et demain



Yue Ma

contact :

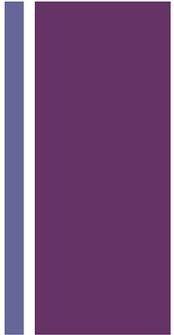
[yue.ma@u-psud.fr](mailto:yue.ma@u-psud.fr)

Source : inspiré du cours de  
Laurent Simon et Fatiha Saïd

# + Que sait-on faire avec l'IA des films

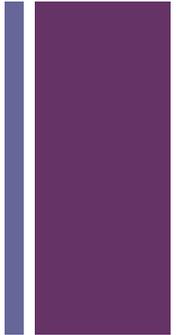


# + Que sait-on faire avec l'IA des films, et encore ...



- ASIMOV et les robots
  - **Première Loi.** Un robot ne peut ni porter atteinte à un être humain, ni rester passif devant un être humain exposé à un danger.
  - **Deuxième Loi.** Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la Première Loi.
  - **Troisième Loi.** Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la Première ou la Deuxième Loi.
  - **Loi Zéro.** Un robot ne peut nuire à l'humanité ni, restant passif, permettre que l'humanité souffre d'un mal.

# + IA : quelques définitions



- **Intelligence Artificielle** [wikipedia] « *la recherche de moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles comparables à celles des êtres humains* »
- **Intelligence Artificielle** [Marvin Lee Minsky] « *la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique* »

# + Intelligence artificielle : définition

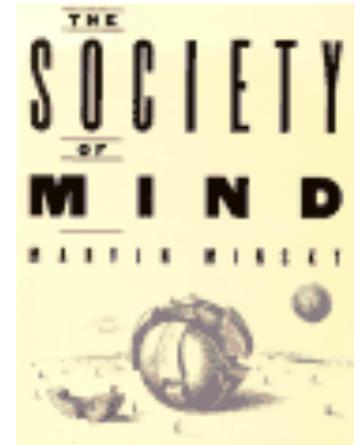
Discipline de l'informatique dont le but est de construire des programmes « intelligents »

Définition qui semble satisfaisante...  
Avant de creuser un peu plus...  
Qu'entend-on par programme ?  
Qu'est-ce qu'un programme intelligent ?

**Marvin Minsky :**

*« Science qui consiste à faire faire aux machines ce que l'homme ferait moyennant une certaine intelligence »*

- Définition relative à ce que savent faire les hommes
- Toujours pas de définition de ce qu'est « une certaine intelligence »
- Quelle est la portée du « faire faire » (action physique ? . . . )
- Comment savoir si on a atteint le but ? (**Science** ???)



# + Intelligence artificielle : définitions

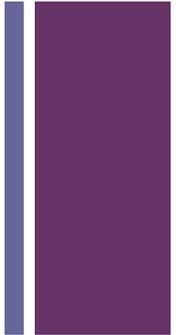
« Tout problème pour lequel il n'existe pas d'algorithme connu, ou de coût raisonnable, relève de l'I.A. »

« L'I.A. doit permettre de proposer des solutions logicielles permettant aux programmes de raisonner logiquement »

- Définition basée sur des formalismes logiques
  - Démonstration automatique de théorèmes
  - Utilisation de règles précises d'inférence
  - Qualités issues des mathématiques (preuves, explications, . . . )
  
- Qui a dit que les hommes raisonnaient logiquement ?
- Quelle logique utiliser ?
- Gros problème pratique de complexité pratique !
- Problème d'incomplétude (Problème d'arrêt des machines de Turing, Théorème de Gödel)

« L'intelligence artificielle se définit comme le contraire de la bêtise naturelle »

# + L'IA à l'intérieur des Machines de Turing



« Ce sont intuitivement les machines les plus simples qui peuvent simuler toutes les autres machines. »

- Dans le formalisme logique, les machines de Turing sont définies par :
  - une bande infinie, composée de cellules pouvant stocker des caractères
  - une tête de lecture/écriture, pouvant :
    - lire et modifier le caractère sous la tête
    - se déplacer d'une cellule à gauche ou à droite
  - un ensemble fini d'états internes
  - une table de transitions indiquant, pour chaque couple (état interne, caractère courant) :
    - les nouvelles valeurs pour ce couple,
    - le déplacement de la tête de lecture/écriture

# + Intelligence artificielle : logique

## Exemple de machine de Turing

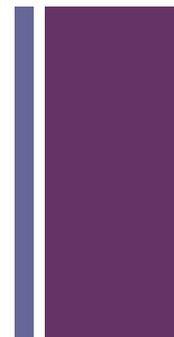
- Machine de Turing permettant d'identifier les nombres pairs, donnés sous forme binaire.

| État /Caractère | 0                   | 1                   | $\epsilon$          |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1               | (1, 0, +)           | (1, 1, +)           | (2, $\epsilon$ , -) |
| 2               | (3, $\epsilon$ , -) | (4, $\epsilon$ , -) | X                   |
| 3               | (3, $\epsilon$ , -) | (3, $\epsilon$ , -) | (5, 1, +)           |
| 4               | (4, $\epsilon$ , -) | (4, $\epsilon$ , -) | (5, 0, +)           |
| 5               | X                   | X                   | (6, $\epsilon$ , -) |

# + Intelligence artificielle : logique

## Exemple de machine de Turing

- **PORTÉE DES MACHINES DE TURING UNIVERSELLES**
  - Toutes les machines de Turing que l'on peut construire peuvent être simulées par une autre machine de Turing, appelée **Universelle**.
- **La machine de Turing Universelle** permet de calculer toutes les fonctions calculables. D'après la **Thèse de Church-Turing**, ces fonctions sont toutes celles que l'on peut programmer en pratique.
- **L'I.A. face aux limites intrinsèques des machines**
  - **Quelles sont les limites de ces machines ?**  
**Caractériser leurs** limites permet de vérifier s'il y a de l'espoir dans l'I.A.
  - **Les machines ont-elles des limites indépendamment de la place mémoire et du temps ?**



# + Intelligence artificielle : définition

## Satisfaisante

« Le but de l'Intelligence Artificielle est de construire un **système physique de traitement symbolique** pouvant réussir avec fiabilité le **Test de Turing** »

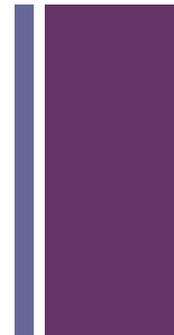
### ■ LE TEST DE TURING, OU JEU DE L'IMITATION

- Un homme **A**, **une femme B** et un **troisième joueur C** **communiquent** via un téléscripneur.
  - **C doit deviner qui est l'homme et qui est la femme.**
  - **B doit l'aider... Et A doit l'en empêcher...**
- **Test de Turing** : Si on remplace **A par une machine, est-ce que C a plus de 50% de chance de gagner ?**

# + TEST DE TURING

Aujourd'hui

- LE JEU DE L'IMITATION, AUJOURD'HUI
  - Un **humain** interroge un **ordinateur** à travers un **télétype** (**pas** d'interactions entre l'humain et l'ordinateur).
  - L'humain ne peut pas distinguer (à **plus de 50% de chance**) si son interlocuteur est un humain ou un ordinateur.
  
- REQUIERT DES CAPACITÉS
  - Représentation complexe des connaissances
  - Compréhension du langage naturel
  - Raisonnement automatique
  - Apprentissage
  - . . . .



# + ELIZA (Weizenbaum, 1966)

■ Exemple d'un programme de l'I.A. qui a fait beaucoup parler

■ Exemple de conversation

- COMMENT ALLEZ-VOUS ? JE SUIS LE DOCTEUR.
- VEUILLEZ VOUS ASSEoir A LA MACHINE A ECRIRE ET ME PARLER DE VOTRE PROBLEME.
- *J'aimerais avoir mes bagages.*
- POURRIEZ VOUS ME DONNER PLUS DE DETAILS A CE SUJET ?
- *Je n'ai pas tout à fait compris le genre de détails demandés.*
- TROUVEZ-VOUS NORMAL DE NE PAS VRAIMENT COMPRENDRE LE GENRE DE DETAILS DEMANDES ?
- *Oui, parfaitement normal.*
- JE COMPRENDS.
- *J'ai perdu mes bagages.*
- VOUS DITES QUE VOUS AVEZ PERDU VOS BAGAGES ?
- *Je me sens perdu sans eux.*
- VOUS ARRIVE-T-IL SOUVENT DE VOUS SENTIR PERDU SANS EUX ?
- *Non, c'est la première fois.*
- POURQUOI ?
- *Parce qu'habituellement je ne perds pas mes bagages.*
- QUELLES AUTRES RAISONS POURRAIT-IL Y AVOIR ?
- *Ma mère m'a appris à ne pas perdre mes affaires.*
- PARLEZ-MOI PLUS DE VOTRE FAMILLE.
- *J'ai perdu mes bagages.*
- 🗉 EST-IL DEJA ARRIVE A VOS PARENTS DE VOUS PERDRE ?
- 🗉 ...

# + TEST DE TURING

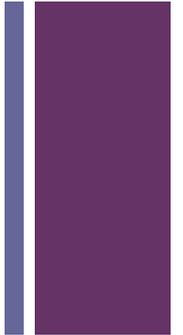
## Espoirs des années 1950

### ■ PRÉDICTIONS D'ALAN TURING (1950)

« Dans une cinquantaine d'années, il sera possible de programmer des ordinateurs [...] pour qu'un interrogateur moyen n'ait pas plus **de 70% de chances** de procéder à l'identification exacte au bout de **cinq minutes** de questionnement »

### ■ LE TEST A-T-IL ÉTÉ PASSÉ ?

- Le Test sans restriction n'est pas prêt d'être passé mais dans des domaines restreints certains chercheurs se posent (sérieusement) la question depuis quelques années
- Et (même) s'il était passé un jour ?



## + Un test restreint passé tous les jours

- Les systèmes de tchat via SMS (services de rencontres) et plus anciennement les systèmes de rencontres via Minitel ont des automates pour forcer les gens à rester plus longtemps... Ou les relancer par e-mail...



# + LIMITATIONS DU TEST DE TURING

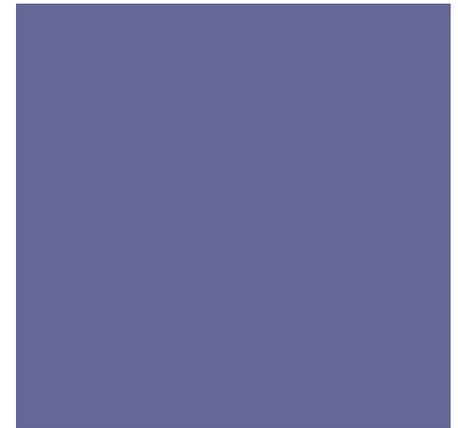
## Définition de l'intelligence artificielle ?

- **LA CHAMBRE CHINOISE**[SEARL, 1980]
  - Un humain ne comprenant pas le chinois, est dans une chambre. Il doit répondre en chinois à des questions posées en chinois. Une série d'instructions lui permettant d'écrire des symboles suivant les symboles qu'il voit lui ait donné.
  - C'est ici l'humain qui simule la machine qui passe le test de Turing (en chinois)
- **QUESTION**
  - Est-ce que pour autant l'humain comprend le chinois ?
  - Non, mais c'est le système chambre + humain qui agit comme s'il le comprenait

勃  
博  
薄  
搏  
膊  
钹  
泊  
箔



- \* Intelligence Artificielle (IA)
- \* Machine de Turing
- \* Historique
- \* Aujourd'hui et demain



Yue Ma

contact :

[Yue.ma@u-psud.fr](mailto:Yue.ma@u-psud.fr)

Source : inspiré cours de Laurent  
Simon et Fatiha Saïd

# + SHANNON (1916 – 2001)

## Le père de la théorie de l'information

- Il est principalement connu pour la théorie de l'information, la mesure de l'entropie et l'introduction de codes de correction d'erreurs.



**Mais c'est aussi un pionnier en I.A.**

:

Il a écrit l'un des premiers articles d'I.A.

« Programming a computer for playing chess ».

En 1965, son programme a rencontré le champion du monde d'échecs... et a perdu après 42 coups.

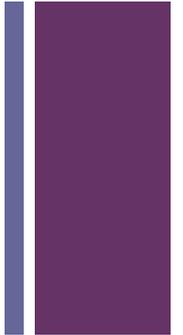
# + ALAN TURING (1912-1954)



- **Informaticien, Mathématicien, Physicien, Philosophe, . . .**
- Le succès de sa machine bombe l'a convaincu de se lancer dans la quête de machines intelligentes...



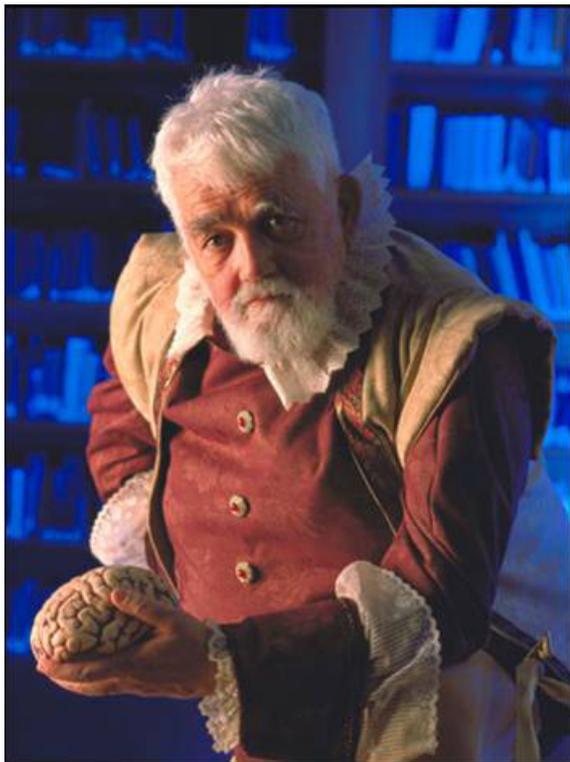
# + NEWEL (1927 – 1992) ET SIMON (1917 – 2001)



- Auteurs de « Logic Theorist » pour lequel ils déclarèrent (1956) : « Nous avons inventé un programme intelligent cet hivers »
- Pour coder ce programme, ils inventèrent la structure de Listes chaînées.
- Ils s'intéressèrent aussi à la programmation des jeux d'échecs (avec Shaw, 1958 : NSS).
- Simon venait de l'économie et s'intéressa ensuite aux processus de décisions. Il reçut le prix Nobel d'économie en 1977. Ils reçurent tous deux le Turing Award.

# + MAC CARTHY (1927 –

L'inventeur du terme intelligence artificielle

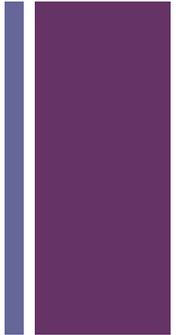


- Travaillait sur l'épistémologie depuis 1948 (informations et méthodes de raisonnements permettant l'intelligence).
- Inventeur du LISP.
- Il reçut le Turing Award en 1971.
- Visitez sa page web sur : [www-formal.stanford.edu/jmc/](http://www-formal.stanford.edu/jmc/)

# + HISTOIRE DE L'IA

## Les débuts (1950 – 1970)

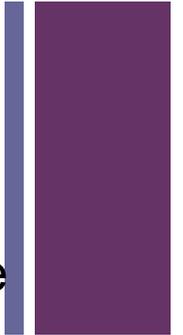
- Le terme d'Intelligence Artificielle est créé en 1956 (proposé par Mc Carthy) à la conférence de Dartmouth).
- **Les premiers travaux d'I.A. :**
  - méthodes générales de recherche (méthodes faibles) : GPS (General Problem Solving) par Newell et Simon
  - Lisp (Mac Carthy) (langage de haut niveau)
  - Programme qui joue aux dames (Samuel)
- **Les thématiques abordées sont autour :**
  - Représentation des connaissances : logique (représentation explicite du monde + processus déductif)
  - Recherche en traitement naturel de la langue (projets de traduction automatique) fondé sur la syntaxe.
- **Mais.... un gros problème de complexité.. et les premières déceptions ?**



# + HISTOIRE DE L'IA

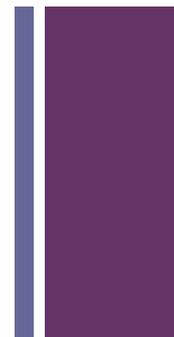
## Seconde période (1969 – 1979)

- Domaines de compétence plus restreint et utilisation plus grande de connaissances du domaine : **les systèmes experts**
- **En linguistique** : langages plus restreints, la notion de sémantique émerge (organisation de la mémoire, définition et reconnaissance de situations prototypiques, ?)
- **En représentation des connaissances**, langages de frames beaucoup plus structurés que la logique
- **Prolog**, projet de 5ème génération.
- Mais les résultats n'atteignent pas les promesses des années 70... Le retour des approches sub-symboliques (réseaux neuronaux).



# + HISTOIRE DE L'IA

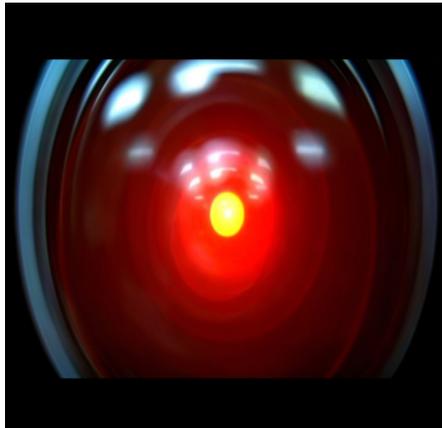
## Depuis 1987



- Des techniques de recherche efficaces résolvent des problèmes combinatoires (voir notamment SAT et la résolution de contraintes)
- Le champion du monde d'échecs battu par un programme
- Des interfaces en langage naturel sont opérationnelles
- Des systèmes experts temps réel
- Des méthodes numériques : Modèles de Markov cachés, raisonnement probabiliste et manipulation de données incertaines (réseaux bayésiens)
- De nouveaux défis avec l'augmentation des données disponibles sous forme électronique (Web) :  
indexation/classification de documents, recherche d'information, extraction de connaissances dans les bases de données, recherche d'informations dans des « peers »
- . . . .



- \* Intelligence Artificielle (IA)
- \* Machine de Turing
- \* Historique
- \* Aujourd'hui et demain



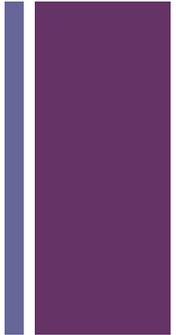
Yue Ma

contact :

[yue.ma@u-psud.fr](mailto:yue.ma@u-psud.fr)

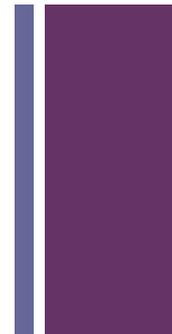
# + LES PROGRÈS MATÉRIELS AU SECOURS DE L'I.A.

- Un grand nombre des succès d'I.A. est dû au progrès des machines
  - Vérification formelle de microprocesseurs et de programmes,
  - Jeux
  - Reconnaissance vocale
  - Traduction automatique
  - . . .
- Dans sa globalité, l'I.A. devient plus mature. Des considérations de performances sont maintenant aussi utilisés.



# + DE L'I.A. UN PEU PARTOUT

## Dans vos lecteurs d'E-mails



| Subject  | Sender                        | Date                |
|--|-------------------------------|---------------------|
| Or.der from the comfort of your home   | Lesley Monroe                 | 01/06/2006 11:04 AM |
| SPAMASSASSIN Communiqué de presse : ***SanDisk annonce de nouveaux...                        | Bruno Saville                 | 01/06/2006 11:21 AM |
| Re: boycott Pharamayceutical   | Odhiambo Crochet              | 01/06/2006 11:47 AM |
| Our store is your cureall!   | William                       | 01/06/2006 11:49 AM |
| We must get this bargain ASAP.   | Hollis                        | 01/06/2006 12:18 PM |
| Re: Our gift supply empowers anyone to obtain a luxury piece.                                | Koloe                         | 01/06/2006 12:22 PM |
| WallStreetUniverse   | Merle Jones                   | 01/06/2006 12:26 PM |
| STOCK ROCKET NEWSLETTER  | Sallie Sweet                  | 01/06/2006 12:27 PM |
| SPAMASSASSIN NEWSLETTER - JANVIER 2006   | CINEDOC                       | 01/06/2006 01:05 PM |
| Windows XP, All Adobe software just go and get it for 49.95! Photoshop                       | Walter                        | 01/06/2006 01:11 PM |
| Attract any woman now  | Geoffrey                      | 01/06/2006 01:11 PM |
| Amazing, Sonya   | Terry Rowell                  | 01/06/2006 01:32 PM |
| Re: offers thousands of academic software titles discounted up to 80% off...                 | Reginald                      | 01/06/2006 01:41 PM |
| Cialis Soft Tabs bestseller  | Henry                         | 01/06/2006 01:41 PM |
| Re: linsey Pharamaceuticwal  | Achaicus Hawke                | 01/06/2006 01:49 PM |
| MS Office XP Pro \$49.95 AutoCAD   | Weldon Sandler                | 01/06/2006 01:50 PM |
| WINNING NOTIFICATION   | DAYZERS LOTTERY INTERNATIONAL | 01/06/2006 02:18 PM |
| Re: offers thousands of academic software titles discounted up to 80% off retail prices      | Geoffrey                      | 01/06/2006 02:58 PM |
| Need medicine? All here!   | Gilbert                       | 01/06/2006 02:58 PM |
| ATTENTION - News Release   | Joshua Suarez                 | 01/06/2006 03:17 PM |
| Stockmarket Small-cap Profile  | Raphael Fuller                | 01/06/2006 03:29 PM |
| Do You Play Small-Cap Equities?  | Marlon Erickson               | 01/06/2006 03:46 PM |
| GrandSlam Stock  | Edwin Barnard                 | 01/06/2006 03:50 PM |
| Re: nary Pharamsaceutical  | Sanjiv Edsall                 | 01/06/2006 04:11 PM |
| do you like jack rabbit? crass   | Ashlee Gagnon                 | 01/06/2006 04:17 PM |
| DVD : 2 films à partir de 0,98 euros !   | Le flash cdiscount            | 01/06/2006 04:21 PM |
| Want to Turbocharge Your Portfolio?  | Jaclyn G. Fernandez           | 01/06/2006 04:24 PM |
| Primary source of OEM MS 2003 software Look no further !                                     | Walter                        | 01/06/2006 04:36 PM |
| Our store is your cureall!   | Alexander                     | 01/06/2006 04:36 PM |
| Re: The OEM Software Licensing Site-Macromedia Technologies                                  | Geoffrey                      | 01/06/2006 04:37 PM |
| Need medicine? All here!   | Hugh                          | 01/06/2006 04:38 PM |
| Wholesale dependable curing products. Come across real deals.                                | Syee                          | 01/06/2006 04:41 PM |
| Let's join our efforts to save nature!   | EcoLife Company               | 01/06/2006 04:58 PM |
| Fine lovable accessories, elite manufacturers. Unbelievable, 100% as described.              | Aikaterine                    | 01/06/2006 05:06 PM |
| Your Prescription is Ready   | Lynne Lewis                   | 01/06/2006 05:45 PM |
| FW: This express outlet has the ability to excel other store's asking prices on health co... | Merelina                      | 01/06/2006 06:00 PM |
| Re: bacteriolysis Pharaumaceutical   | Braeden Gaumer                | 01/06/2006 06:10 PM |
| Re: bacteriolysis Pharaumaceutical   | Velvela Nino                  | 01/06/2006 06:10 PM |
| Re: dross Pharamacceutical   | Hassan Reuter                 | 01/06/2006 06:11 PM |
| OEM Software   | Adrian Reed                   | 01/06/2006 06:31 PM |
| Little Stocks Can Mean Dollars For You   | Roslyn Galindo                | 01/06/2006 06:51 PM |
| Re: veritable  | Jamar Chavez                  | 01/06/2006 07:37 PM |
| Need Software?   | Ernesto Barnes                | 01/06/2006 08:12 PM |
| Apply 70% discounts on Windows Software  | Hugh                          | 01/06/2006 08:35 PM |
| Our store is your cureall!   | William                       | 01/06/2006 08:35 PM |
| Re: archivist Pharamaceutical  | Matti Macaluso                | 01/06/2006 09:08 PM |

# + DE L'I.A. UN PEU PARTOUT

## Dans la surveillance

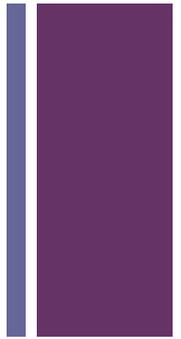


Figure 5. A sequence showing the detection and tracking of a person in the corridor.

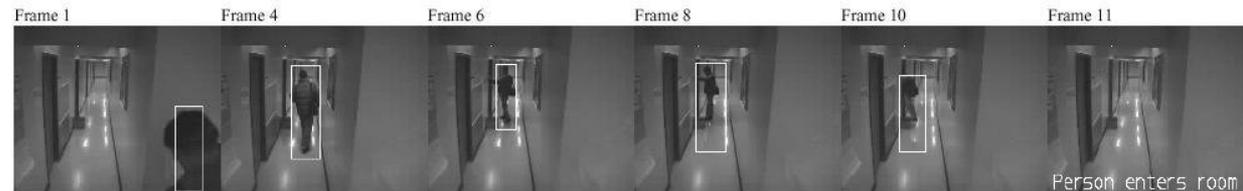


Figure 6. The surveillance system recognizes a person entering a room.

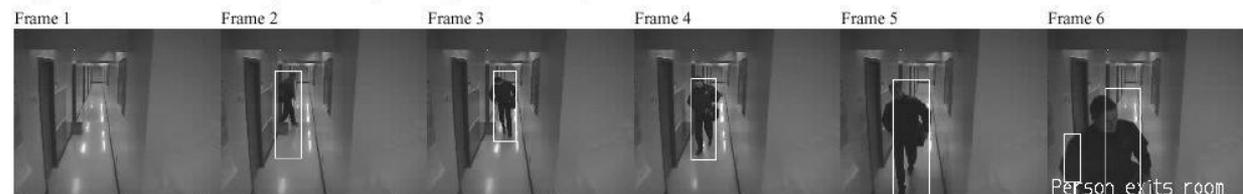


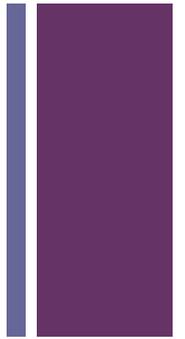
Figure 7. The surveillance system recognizes a person exiting a room.



Figure 8. A mock break-in attempt results in a security alert message.

# + DE L'I.A. UN PEU PARTOUT

Dans la domotique



# + DE L'I.A. UN PEU PARTOUT

## Robots humanoïdes



### ▼ HRP-4

**Taille** 151 cm.

**Poids** 39 kg.

**Développement** Projet japonais  
" Humanoid Robotics Project ".

#### **Commercialisation**

Kawada.

#### **Plate-forme robotique**

OpenRTM-aist.

**Coût** Environ 350 000 euros.

**Applications** Etude de la  
marche, des interactions avec  
l'homme et du contrôle de  
mouvement.

[ - ] fermer

# + DE L'I.A. UN PEU PARTOUT

## Robots humanoïdes (Français !)



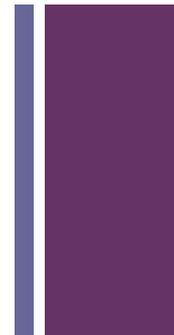
|   |                          |
|---|--------------------------|
| ▼   | <b>NAO</b>               |
| <b>Taille</b>                               | 58 cm.                   |
| <b>Poids</b>                                | 4,8 kg.                  |
| <b>Développement-<br/>commercialisation</b> | Aldebaran.               |
| <b>Nombre d'exemplaires</b>                 | Environ<br>3 500.        |
| <b>Plate-forme robotique</b>                | URBI.                    |
| <b>Coût</b>                                 | 12 000 euros.            |
| <b>Application</b>                          | Recherche,<br>éducation. |
|   | [ - ] fermer             |

Journal le monde du 03/09/2013

# + Demain

- L'approche connexionniste espère arriver à une **masse critique** dans les 15 à 20 prochaines années pour voir émerger des phénomènes complexes. Mais comment peut-on encore promettre une I.A. dans 20 ans... Alors que c'est ce qu'on fait depuis 50 ans ?
- **Marvin Minsky** travaille sur la définition de l'intelligence par l'émotion (**The Emotion Machine**)
- Des travaux de neurologues tendent dans cette direction.

# + IA : quelques définitions



- Ensemble des fonctions mentales ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle (par opposition à la sensation et à l'intuition. Aptitude à comprendre et à s'adapter facilement à des situations nouvelles.) D'après **Louise Bérubé** (neurologue).
- L'intelligence est la capacité à comprendre un contexte nouveau, à le comprendre et à réagir à cette nouvelle situation de façon adaptée. D'après **Richard Atkinson** (Président Université de Californie)
- L'intelligence, c'est ce qui permet d'entendre une musique là où d'autres n'entendent qu'un bruit. D'après **Jean-Charles Terrassier** (Psychologue-Pédiatre, spécialiste des surdoués)
- L'intelligence, ça n'est pas ce que l'on sait mais ce que l'on fait quand on ne sait pas. D'après **Jean Piaget** (Psychologue, Biologiste, Logicien).
- Quel truc magique nous rend intelligent ? Le truc, c'est qu'il n'y a pas de truc. La puissance de l'intelligence provient de notre vaste diversité, et non d'un seul principe parfait. D'après **Marvin Minsky**.

## + Plusieurs formes d'intelligence ... [wikipedia]

- L'intelligence logico-mathématique, liée à la vitesse à laquelle on peut résoudre un problème numérique ou logique.
- L'intelligence linguistique (ou verbale), fréquente chez les politiciens, écrivains, poètes...
- L'intelligence intrapersonnelle, désigne la capacité qu'on a à avoir un regard critique sur soi-même, ses limites, ses réactions...
- L'intelligence interpersonnelle, grâce à laquelle on peut deviner les réactions de son entourage.
- L'intelligence visuo-spatiale, permet de manipuler des objets tri-dimensionnels dans sa tête. Architectes, géographes, artistes,...
- L'intelligence naturaliste, permet de classer les objets, et de les différencier en catégories. Zoologistes, botanistes, archéologues...
- L'intelligence musicale, juge la hauteur, la tonalité des sons, le rythme et la mélodie d'une musique. Musiciens, compositeurs...
- L'intelligence kinesthésique, responsable de tout ce qui a trait aux travaux gestuels... Sportifs, chirurgiens...
- Éventuellement l'intelligence existentialiste ou spirituelle, aptitude à se questionner sur le sens et l'origine des choses.

# + INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LOGIQUE

Problème d'arrêt des machines de Turing.

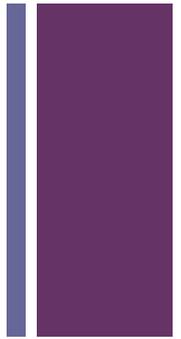
- **Résultat** : Il existera toujours des problèmes pour lesquels la MTU ne pourra donner de réponse. De plus, il sera impossible de dire si le calcul peut donner une réponse un jour ou si le calcul va continuer à jamais.
- **IDÉE DE LA PREUVE**
  - | On suppose qu'une machine de Turing fictive permet de dire si pour chaque problème, la machine de Turing associée va bien s'arrêter.
  - | On énumère toutes les MTU.
  - | On construit une MTU machine qui n'a pas été énumérée.
- **Il n'existe aucun moyen automatique de dire, en général, si un calcul va s'arrêter un jour et donner une réponse.**

# + INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LOGIQUE

Gödel identité (aussi) les limites de l'arithmétique

- Le problème d'arrêt des machines de Turing a des liens étroits avec les limitations intrinsèques de l'arithmétique.
- **LE THÉORÈME DE GÖDEL**
  - Soit  $F$  : Système formel (langage formel, axiomes, . . . )
  - Soit  $G(F)$  une phrase de  $F$  telle que :
    - $G(F)$  est bien écrite dans  $F$ , mais ne peut être prouvée dans  $F$
    - Si  $F$  est consistant,  $G(F)$  est vraie
- Intuitivement, lorsqu'un système est suffisamment complexe, on peut exprimer un théorème disant qu'il est lui-même faux.

# + Intelligence artificielle : définition Satisfaisante



- « Le but de l'**Intelligence Artificielle** est de construire un objet pouvant réussir avec fiabilité le **Test de Turing** »
- **LE TEST DE TURING, OU JEU DE L'IMITATION**
  - Un homme **A**, une femme **B** et un troisième joueur **C** **communiquent** via un téléscripneur.
    - **C doit deviner qui est l'homme et qui est la femme.**
    - **B doit l'aider... Et A doit l'en empêcher...**
  - **Test de Turing** : Si on remplace **A par une machine, est-ce que C a plus de 50% de chance de gagner ?**

# + TEST DE TURING

## Espoirs des années 1950

### ■ PRÉDICTIONS D'ALAN TURING (1950)

« Dans une cinquantaine d'années, il sera possible de programmer des ordinateurs [...] pour qu'un interrogateur moyen n'ait pas plus **de 70% de chances** de procéder à l'identification exacte au bout de **cinq minutes** de questionnement »

### ■ POINTS CLÉS DE LA MACHINES intelligente (TURING)

« être aimable, ingénieuse, amicale, avoir le sens de l'humour, distinguer le bien du mal, faire des erreurs, tomber amoureuse, être l'objet de sa propre réflexion, faire quelque chose de vraiment nouveau »

# + LIMITATIONS DU TEST DE TURING

- Depuis 50 ans, le test a été beaucoup critiqué. Turing lui-même avait déjà répondu à beaucoup de critiques...
- **LE TEST ET LE PROBLÈME D'ARRÊT**
  - Si on ne peut pas garantir que tous les algorithmes s'arrêtent un jour, comment espérer utiliser une méthode automatique pour passer le test de Turing ? Il suffirait simplement de dire « je ne sais pas » ou « je crois que oui » !
- **PLUS GRAVE : NE DONNE PAS BEAUCOUP DE PISTES D'ATTAQUE**
  - Non constructif
  - Non reproductible (intime conviction de l'humain)
  - Ne peut pas être soumis à une analyse mathématique
  - Si on réitère le test, l'humain acquière-t-il plus de chance de déceler l'imposteur ?

# + LIMITATIONS DU TEST DE TURING

## Définition trop précise ?

- **PRISE EN COMPTE DE *tous les aspects* DE L'INTELLIGENCE ?**
  - Limitation de l'intelligence à l'intelligence humaine. Que se passe-t-il si on ne peut construire qu'une intelligence sans faille ?
  - La robotique ne passera jamais le test
  - L'intelligence de l'action (sport, . . . )
  
- **COMMENT SAVOIR S'IL *ressent***
  - Les émotions, l'empathie, . . .
  - Instinct, intuition, . . .
  - Conscience, liberté, . . .

## + LES RAMIFICATIONS DE L'I.A.

L'intelligence artificielle, c'est un peu de tout

- **Philosophie** : Logique, méthodes of de raisonnements, l'esprit est-il un système physique apprentissage, du langage, de la raison
- **Mathématiques** : Représentation formelle et preuves, algorithmes, calculs, (in)décidabilité, (in)tractabilité, probabilité
- **Psychologie** : Adaptation perception, contrôle moteur techniques expérimentales
- **Économie** : Théories formelles de la décision
- **Linguistique** : représentation de la connaissance grammaire
- **Neuroscience** : substrat physique pour l'activité mentale