

Introduction à l'intelligence artificielle

Faculté de sciences et de génie
Département d'informatique et de génie logiciel
IFT-2003 Intelligence artificielle I
Laurence Capus



Plan

- Quelques éléments de définitions
- Évolution du domaine
- Les différentes approches
- Conclusion

Qu'est-ce l'intelligence artificielle?

Quelques questions à se poser pour commencer :

- Qu'est-ce au juste que l'intelligence artificielle?
- Depuis quand parle-t-on du terme "intelligence artificielle"?
- Y a-t-il une relation entre l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle?
- L'intelligence artificielle est-elle un outil d'exploration?
- Qu'est-ce qu'un programme (ou système) intelligent?
- Quels sont les sujets de recherche en intelligence artificielle?
- Etc.

Notions fondamentales

L'intelligence artificielle est un domaine de l'informatique dédié à la conception et à la réalisation de systèmes intelligents, c'est-à-dire des systèmes qui présentent les caractéristiques qu'on associe généralement à l'intelligence dans le comportement humain ou encore inspirées par la nature.

On essaie notamment de :

- comprendre une langue ;
- apprendre ;
- raisonner ;
- résoudre des problèmes, etc.

En informatique traditionnelle, le raisonnement est fait par l'être humain qui fait appel à l'ordinateur principalement pour sa rapidité de calcul. En intelligence artificielle, le programme trouve lui-même la méthode de résolution à utiliser grâce à une vaste gamme de mécanismes de raisonnement qui lui ont été incorporés.

L'intelligence artificielle est une discipline qui s'intéresse à des problèmes dont la combinatoire est tellement vaste, que la solution optimale (si elle existe) ne peut être atteinte dans des délais raisonnables de temps ou bien à cause des limitations de place en mémoire.

L'idée prédominante en intelligence artificielle est que de bons principes d'organisation sont plus importants que la rapidité de calcul.

Quelques définitions de l'IA (1)

- Ensemble des efforts visant à permettre aux ordinateurs de penser (Haugeland, 1985).
- Automatisation d'activités associées à la pensée humaine telles que la prise de décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage, etc. (Bellman, 1978).
- Étude des facultés mentales à l'aide de modèles informatiques (Charniak et McDermott, 1985).
- Étude des moyens informatiques qui permettent de percevoir, de raisonner et d'agir (Winston, 1992).
- Art de créer des machines qui effectuent des fonctions requérant de l'intelligence lorsqu'elles sont réalisées par des humains (Kurzweil, 1990).
- Étude portant sur la façon de réaliser des ordinateurs capables d'effectuer des opérations qui sont présentement les mieux réalisées par des humains (Rich et Knight, 1991).
- Champ d'étude dont les objectifs sont d'expliquer et d'imiter un comportement intelligent à l'aide de processus informatiques (Schalkoff, 1990).
- Branche de l'informatique portant sur l'automatisation de comportements intelligents (Luger 2009, p.1)
- Ensemble de problèmes et méthodes étudiés par les chercheurs en intelligence artificielle (Luger 2009, p.2)

Mais même aujourd'hui, on ne s'entend pas vraiment sur une définition !

Quelques définitions de l'IA (2)

- **MAIS**
 - Qu'est-ce que l'intelligence?
 - Quels sont les problèmes et méthodes étudiés par les chercheurs en IA?
- **Qu'est-ce que l'intelligence?**
 - Qu'est-ce qu'une personne intelligente ?
 - Existe-t-il une universalité de la définition ?
 - Qu'est-ce qu'un comportement intelligent ?
 - Quelles sont les caractéristiques de l'intelligence?
 - une faculté ou un ensemble de capacités ?
 - qui est Inné ou appris ?
 - Quelle relation(s) entre connaissance(s) et intelligence ?
 - un processus d'apprentissage ?
 - Quelles sont les capacités utilisées ?
 - Quand et comment fait-on appel au raisonnement, à la créativité, à l'intuition ?
 - Comment sont-elles représentées dans le système nerveux ?
 - Quel est le rôle de la conscience de soi ?
 - L'intelligence n'est pas de savoir ce qui est vrai, mais de savoir comment « survivre » dans un monde en constante évolution. (Husserl, Heidegger, Merleau-Ponty, cité dans Luger, 2009)

Quelques définitions de l'IA (3)

- **Quels sont les problèmes (et méthodes) étudiés par les chercheurs en IA ?**

Parmi les champs d'application, citons par exemple :

- robotique et vision ;
- apprentissage automatique ;
- programmation automatique ; traitement de la langue naturelle (compréhension et génération) ;
- résolution de problèmes nécessitant un haut niveau d'expertise (systèmes experts, aussi appelés systèmes à base de connaissances) ;
- enseignement intelligemment assisté par ordinateur (EIAO) ;
- planification ;
- etc.

Quelques définitions de l'IA (4)

L'IA est omniprésente aujourd'hui. Voici quelques domaines dans lesquels ses techniques ont été appliquées :

- médecine ;
- industrie ;
- finances ;
- économie ;
- éducation ;
- justice ;
- jeux ;
- sciences pures ;
- sciences appliquées ;
- contrôle aérien ;
- linguistique appliquée ;
- etc.

=> Les tâches/problèmes étudiés par les chercheurs en IA sont complexes !

Évolution du domaine de l'IA (1)

- Naissance et premiers pas : **les années 50**
 - Un pionnier : Alan TURING
 - **1^e conférence scientifique en IA, Dartmouth, États-Unis (1956) :**

Le terme « intelligence artificielle » (IA) est proposé par J. McCarthy (concepteur du langage de programmation LISP).

Les sujets de la conférence étaient :

Automatisation

Utilisation d'un langage par un ordinateur

Réseaux de neurones

Mesure de l'efficacité du calcul

Auto-amélioration (apprentissage automatique)

Abstractions

Hasard et créativité

Chercheurs en IA présents à cette conférence : McCarthy, Minsky, Newell, Shannon, Simon, etc.

Évolution du domaine de l'IA (2)

- Les premiers programmes d'intelligence artificielle : **les années 1956-1958**
 - « The logic theorist » (Newell *et al.*, 1956) : démonstrateur de théorèmes de la logique des propositions ;
 - programme jouant aux échecs (Newell *et al.*, 1957) ;
 - le langage LISP (McCarthy, 1958).

Cette période a apporté quelques apports significatifs, beaucoup d'optimisme mais on a constaté un échec de la traduction automatique et une évolution moins rapide que prévue.

Évolution du domaine de l'IA (3)

- Décollage de la discipline : **les années 1965-1970**
 - Les programmes ELIZA (1966) et STUDENT (1968) ;
 - Algorithme A* (recherche optimale) (Hart, 1968) ;
 - Programme d'intégration symbolique MACSYMA (1968) ;
 - Résolution de puzzles (taquins) avec heuristiques : programme GPS (Newell *et al.* 1969).

Les succès sont relatifs mais il y a beaucoup de déceptions. On se rend compte de la nécessité de disposer de nombreuses connaissances, d'où l'idée des systèmes à base de connaissances.

Évolution du domaine de l'IA (4)

- L'explosion des **années 1970-1980**

Proposition de modes de représentation des connaissances et de simulation de raisonnement :

- réseaux sémantiques (Quinlan, 1968) ;
- règles de production (Newell et Simon, 1972) ;
- schémas (frames) (Minsky, 1975).

Des langages spécialisés sont conçus :

- PROLOG (Colmerauer, 1975) ;
- langages orientés objets (Smalltalk, 1980) .

En ce qui concerne le traitement automatique du langage naturel, des progrès sont faits pour la compréhension et la génération.

Apparition des systèmes experts de première génération : DENDRAL (Buchanan, 1970), MYCIN (Shortliffe, 1976), PROSPECTOR (Duda, 1978), XCON (1981).

Et des systèmes de planification.

Évolution du domaine de l'IA (5)

- Vers une architecture générale des systèmes d'intelligence artificielle : **les années 1980-2000**

Études et réalisations pratiques importantes de systèmes à base de connaissances : AA - Authorizer's Assistant (Rothi et Yen, 1990), INRECA (Auriol *et al.*, 1995), SACHEM (Le Goc *et al.*, 1998)

Autres efforts de recherche importants dans plusieurs domaines dont :

- réseaux de neurones ;
- architectures générales (ex : SOAR, THEO) ;
- agents intelligents et systèmes multiagents ;
- apprentissage automatique ;
- temps-réel ;
- parallélisme ;
- robotique et vision ;
- traitement automatique de la parole ;
- recherche d'information.

En 1997, Deep Blue créé par IBM bat Garry Kasparov, le champion du monde d'échec.

Évolution du domaine de l'IA (6)

- Vers un enjeu de société : **de 2000 à 2010**

L'IA est la thématique de nombreux films de science-fiction qui sont plus ou moins réalistes, amenant des sujets de discussion sur le futur.

On constate une importante évolution de l'informatique vers plus d'accessibilité. L'accès à Internet devient plus facile et se répand à travers les sociétés. Les équipements informatiques se popularisent notamment avec les téléphones intelligents.

Des questions éthiques sont soulevées sur l'intégration de l'IA dans divers domaines, notamment l'armée. Des initiatives voient le jour pour donner des limites et des normes aux utilisateurs et aux constructeurs.

Évolution du domaine de l'IA (7)

- L'IA sans limites ? **depuis 2010**

Le système Watson d'IBM gagne au jeu télévisé Jeopardy face aux deux plus grands champions.

Le traitement des données vient renforcer le domaine de l'IA et de nouveaux procédés voient le jour avec l'apprentissage automatique, puis l'apprentissage profond. Ainsi à partir de données, le système est capable de livrer la réponse la plus juste possible. Le traitement des images peut être intégré dans divers projets.

La gestion des données permet de mettre l'IA en application pour comprendre des radiographies mieux que les médecins, conduire des voitures, faire de la traduction, jouer à des jeux vidéo complexes, créer des musiques, etc. Des sociétés, comme Google, ayant accès à de nombreuses données peuvent se positionner à l'avant-scène.

Les tâches de perception sont celles ayant obtenues les meilleurs résultats comparées aux tâches d'action comme le raisonnement et la planification.

Évolution du domaine de l'IA (7)

L'IA fait partie des techniques utilisées et des alternatives intéressantes pour résoudre des problèmes d'informatique ou automatiser des tâches complexes. De nombreuses applications existent et certaines font la une de l'actualité.

Il est important de souligner que l'intelligence artificielle est liée à d'autres disciplines :

En effet, l'intelligence artificielle se situe entre la **psychologie cognitive**, dont elle s'inspire quant aux buts, et l'**informatique** (plus précisément le génie logiciel) quant aux moyens matériels.

L'intelligence artificielle est aussi reliée à la **linguistique** dans les applications de traitement automatique des langues naturelles mais aussi dans le traitement des interactions personne-machine.

L'intelligence artificielle s'inspire également des modèles des **mathématiques discrètes** dont elle a besoin.

On peut également ajouter que le débat autour de l'impact de l'IA dans notre société implique d'autres disciplines, notamment l'éthique.

Les différentes approches de l'IA

En informatique traditionnelle, le raisonnement est fait par l'être humain qui fait appel à l'ordinateur principalement pour sa rapidité de calcul. En intelligence artificielle, le programme trouve lui-même la méthode de résolution à utiliser grâce à une vaste gamme de mécanismes qui lui ont été incorporés.

Ces mécanismes peuvent prendre plusieurs formes et sont issus de nombreux courants de recherche et d'expérimentation. Au fil du temps, des approches ont été mises en évidence afin de catégoriser les différents mécanismes utilisés. Ses approches possèdent chacune des forces et de faiblesses et souvent leur association apportent une meilleure solution. Le choix de l'approche se fera en fonction du problème à résoudre et de l'analyse des besoins des usagers du futur système.

Voici deux façons de catégoriser les approches selon deux points de vue différents : selon la finalité du programme à obtenir, selon le principe de résolution.

Premier point de vue : selon la finalité du programme à obtenir

Une question se pose à propos de la finalité d'un programme d'intelligence artificielle :

Est-ce qu'un programme d'intelligence artificielle doit résoudre les problèmes d'une manière analogue aux êtres humains ou est-ce que cela importe peu, pourvu qu'il les résolve ?

ou formulée autrement :

En nous intéressant à l'intelligence artificielle, cherchons-nous à comprendre les mécanismes de l'intelligence humaine, ou bien considérons-nous l'ordinateur comme un moyen de gérer des connaissances dans un but utilitaire ?

En fait, ces deux questions traduisent deux approches complémentaires : approche humaine et approche rationnelle. Ces deux approches ont été mises de l'avant par les auteurs Russel et Norvig, deux chercheurs importants de la communauté scientifique en intelligence artificielle. Selon ces deux approches et selon si on s'intéresse au processus de résolution ou au résultat, quatre façons de faire peuvent être décrites. Un résumé est présenté dans les prochaines pages.

Les approches de l'IA selon les auteurs Russel et Norvig

- Approche **humaine**
 - Méthodes empiriques, hypothèses, expérimentations
 - Si on s'intéresse au processus : modélisation cognitive
 - Si on s'intéresse au résultat : test de Turing
- Approche **rationnelle**
 - Méthodes mathématiques, logique, ingénierie
 - Si on s'intéresse au processus : lois de la pensée
 - Si on s'intéresse au résultat : agent rationnel

	Processus	Résultat
Approche humaine	Penser comme un humain	Agir comme un humain
Approche rationnelle	Penser rationnellement	Agir rationnellement

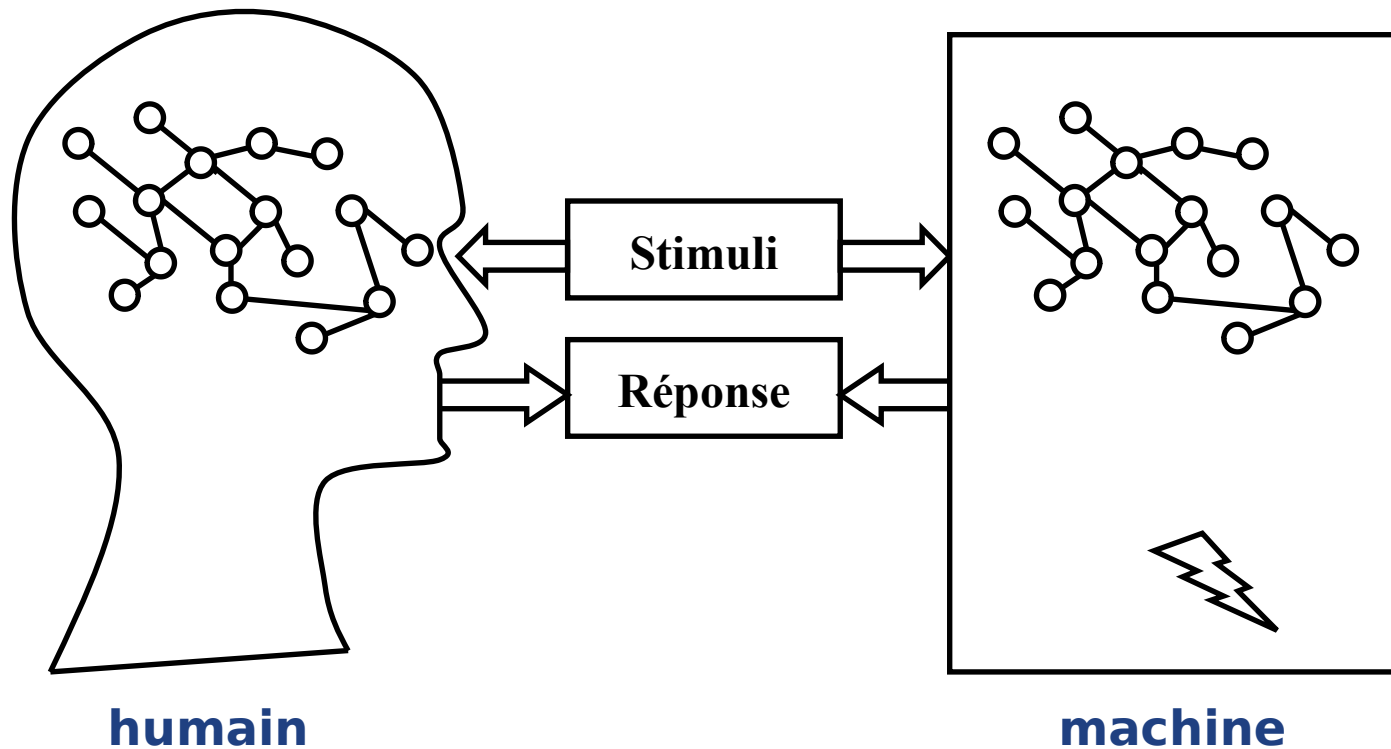
Penser comme un humain (1/2)

Modélisation cognitive

- Jusqu'au milieu du XXe siècle, les chercheurs tentaient d'expliquer l'intelligence humaine en n'étudiant que ce qui est observable, soient les stimuli et réponses (approche **behavioriste**).
⇒ L'humain (le cerveau, le traitement de l'information, etc.) est une boîte noire.
- Depuis le milieu du XXe siècle, l'approche behavioriste a peu à peu laissé place à une approche **cognitive**, où l'on tente d'expliquer le comportement au moyen de modèles faisant intervenir des notions aussi abstraites que les buts, les connaissances, la conscience, l'imagination, etc.
⇒ L'intelligence artificielle est un véhicule que les cognitivistes peuvent utiliser pour mettre à l'épreuve les modèles cognitifs qu'ils conçoivent.

Penser comme un humain (2/2)

Modélisation cognitive



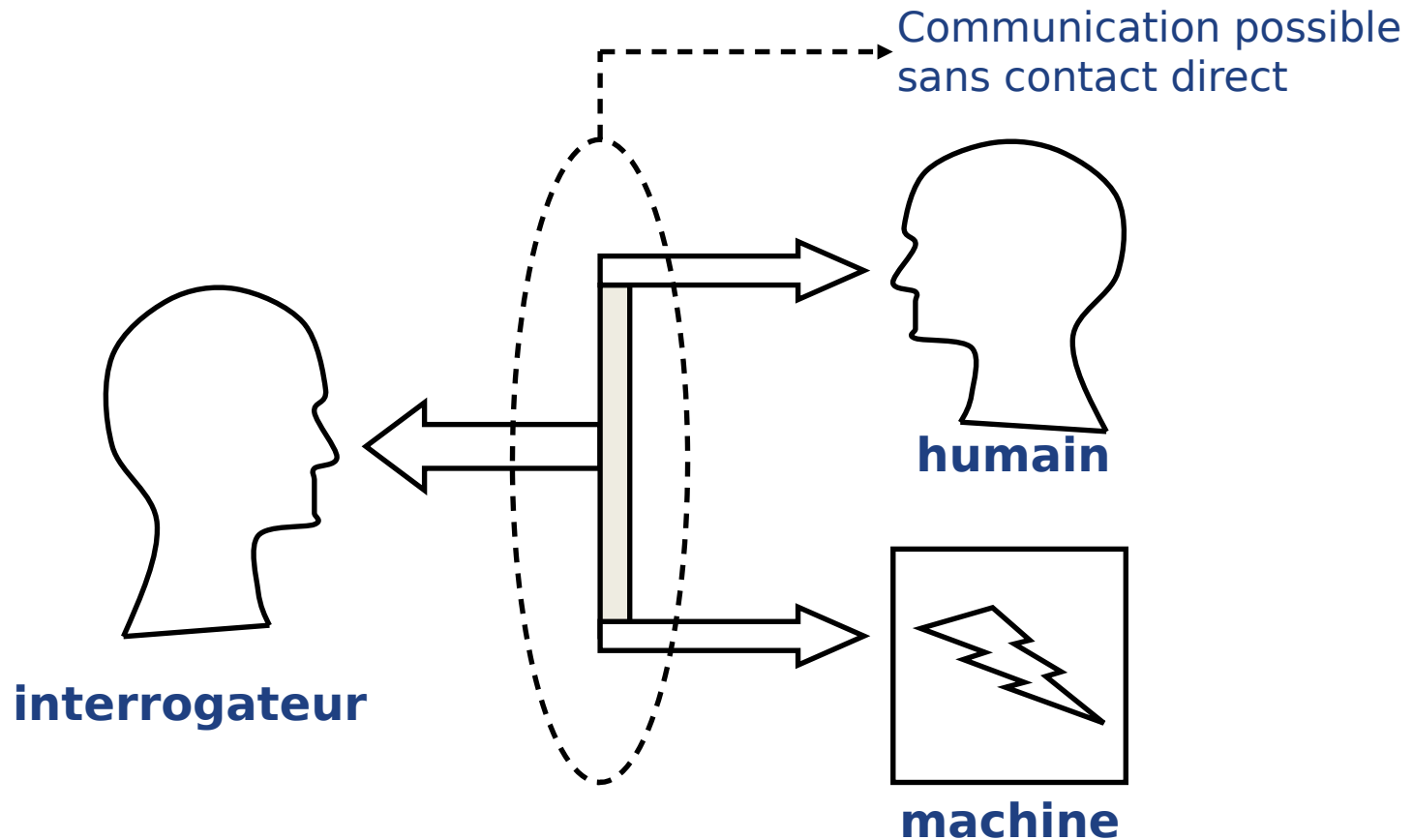
Agir comme un humain (1/3)

Test de Turing

- Un interrogateur questionne ses interlocuteurs via une interface informatique qui l'empêche de les voir.
- L'interrogateur peut poser toutes les questions qu'il désire.
- À la lumière des réponses obtenues, si l'interrogateur ne peut distinguer l'humain de la machine, alors cette dernière a passé le test de Turing.
- Une telle machine doit **agir comme un humain**, c'est-à-dire, produire les mêmes résultats qu'un humain, indépendamment de la manière dont ces résultats sont obtenus.

Agir comme un humain (2/3)

Test de Turing



Agir comme un humain (3/3)

Test de Turing

- Limites/critiques
 - se concentre uniquement sur l'aspect symbolique
 - pourquoi vouloir faire une machine qui se comporte exactement comme un humain (jeu de l'imitation) au lieu de se concentrer sur la résolution de problèmes, le développement de théories de l'intelligence, etc. ?
- Avantages
 - Notion **objective** de l'intelligence. Élimine le biais en faveur des organismes vivants en mettant l'emphasis sur le contenu des réponses aux questions.
 - L'organisme est une boîte noire. On s'intéresse à ses réponses, peu importe la façon dont il les produit.
 - outil important dans la vérification et la validation de systèmes à base de connaissances.

Penser rationnellement

Les lois de la pensée

- On s'intéresse aux processus rationnels, au raisonnement logique.
 - Exemple : le syllogisme
 - S'il pleut, je prends mon parapluie. Il pleut. Donc, je prends mon parapluie.
- GOFAI : Good Old-Fashioned AI (Bonne vieille IA!)
 - Approche basée sur la logique, le traitement symbolique
 - Emphase sur la représentation des connaissances et le raisonnement

Agir rationnellement

L'agent rationnel

- Agit rationnellement dans un **temps** raisonnable.
- Prend la décision la plus rationnelle étant donnée la situation.
- Cette approche est privilégiée dans le développement d'agents intelligents qui, alors qu'ils sont situés dans un environnement qu'ils ne contrôlent pas, doivent produire des résultats explicables, rationnels, tout en respectant certaines contraintes (p.ex. informations manquantes, temps de réponse restreint, etc.).

Deuxième point de vue : selon le principe de résolution

Selon ce point de vue, les mécanismes mis en œuvre dans le système sont issus d'un principe de résolution particulier. Ainsi, 3 approches ont été proposées par Luger, un autre chercheur important de la communauté scientifique en intelligence artificielle. Les mécanismes de chaque approche sont bien différents car ils n'ont pas la même inspiration, au même titre qu'il existe différents paradigmes de programmation.

Ces 3 approches sont l'approche symbolique, l'approche connexionniste et l'approche sociale et émergente. Elles sont brièvement présentées dans ce document puisque leur description fait l'objet des trois prochains objectifs d'apprentissage.

Comme avec le premier point de vue, ces 3 approches peuvent être complémentaires. Elles permettent de bien appréhender le domaine dans un cours d'introduction à l'intelligence artificielle.

3 approches en IA selon Luger

- **Approche symbolique** : basée sur la représentation et la manipulation de symboles
- **Approche connexionniste** : utilise des modèles biologiques, réseaux de neurones
- **Approche sociale et émergente** : est issue de l'observation des phénomènes sociaux

Approche symbolique (1/2)

Cette approche est basée sur la **représentation symbolique**. Les programmes d'intelligence artificielle, qui utilisent cette approche, manipulent surtout des symboles autres que numériques.

Par exemple :

- information **numérique** : « température du patient = 38°C »
- information **symbolique** : « le patient a un peu de fièvre »

Approche symbolique (2/2)

C'est la plus répandue, car on ne peut nier l'importance des symboles (nommer les choses) et de leur utilisation (raisonner) dans l'intelligence humaine.

En 1976, Newell et Simon pose **l'hypothèse du système physique de symboles** pour résoudre les problèmes en IA :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un système physique exhibe une action intelligente est qu'il s'agisse d'un système physique de symboles.

- **Nécessaire** : un agent intelligent **doit** être un système physique de symboles.
- **Suffisante** : un système physique de symboles **peut** être un agent intelligent.

Depuis, cette hypothèse est remise en question. On préfère considérer les différentes approches comme alternatives de solution seules ou complémentaires, avec leurs forces et leurs faiblesses.

Approche connexionniste

- Il n'y a pas de symboles.
- Ce sont des systèmes de neurones artificiels interconnectés (inspiré du modèle des neurones humains).
- Les connaissances sont implicites dans l'organisation et l'interaction de ces neurones.
- La solution émerge de l'entraînement du neurone, de l'ajustement des poids et de la structure du réseau.

Approche sociale et émergente (1/2)

Luger propose deux sous-catégories à cette approche qui sont toutes les deux inspirées d'un modèle de société et dont la solution émerge de l'activité sociétale modélisée.

1) Vie artificielle et algorithmes génétiques

- Basée sur l'observation des phénomènes d'équilibre des mondes humain et animal
- une solution = un individu, évolution de la population de solutions possibles basée sur la théorie de l'évolution.
- Structure d'un algorithme générique :
 - Utilisation des principes du néodarwinisme
 - Exploration d'un espace de solutions à partir d'une population initiale d'éléments jusqu'à l'apparition de la solution au problème posé
 - Représentation par des chaînes binaires

Approche sociale et émergente (2/2)

2) Systèmes multi-agents

- La solution émerge du comportement d'une société d'agents.
- Un agent est (semi-) autonome, situé dans un environnement, capable d'interagir avec d'autres agents, fait partie d'une société structurée.
- Pour construire une société d'agents, il faut des structures pour représenter l'information, des stratégies de recherche parmi un ensemble d'alternatives, la création d'architectures supportant l'interaction d'agents.

Conclusion

- Difficile de trouver une définition de l'IA, une autre façon de résoudre des problèmes en informatique, en s'inspirant des modèles et de simulations inspirés par la nature.
- Une évolution pas toujours linéaire. Aujourd'hui, l'IA est omniprésente et amène de nombreux enjeux et débats autour de son déploiement et de son impact sur nos sociétés.
- Différentes approches existent en IA. Ces différentes approches ont leurs forces et leurs faiblesses, offrant ainsi un éventail de possibilités pour résoudre les problèmes.