

Intelligence Artificielle : quels artifices pour quelle(s) intelligence(s) ?

Vincent Risch, 17 février 2018

I.U.T, Aix-Marseille Université

Qu'est-ce que l'intelligence ?

Définition (Petit Robert)

- 1 *faculté de connaître, de comprendre*

Qu'est-ce que l'intelligence ?

Définition (Petit Robert)

- ① *faculté de connaître, de comprendre*
- ② *ensemble des fonctions mentales ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle*

Qu'est-ce que l'intelligence ?

Définition (Petit Robert)

- 1 *faculté de connaître, de comprendre*
- 2 *ensemble des fonctions mentales ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle*
- 3 *aptitude (d'un être vivant) à s'adapter à des situations nouvelles, à découvrir des solutions aux difficultés qu'il rencontre*

Qu'est-ce que l'intelligence ?

Définition (Petit Robert)

- ① *faculté de connaître, de comprendre*
- ② *ensemble des **fonctions mentales** ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle*
- ③ *aptitude (d'un être vivant) à s'adapter à des situations nouvelles, à découvrir des solutions aux difficultés qu'il rencontre*

fonctions mentales : imagination, raisonnement(s), conceptualisation...

Qu'est-ce que l'intelligence ?

Définition (Petit Robert)

- 1 *faculté de connaître, de comprendre*
- 2 *ensemble des **fonctions mentales** ayant pour objet la connaissance conceptuelle et rationnelle*
- 3 ***aptitude** (d'un être vivant) à s'adapter à des situations nouvelles, à découvrir des solutions aux difficultés qu'il rencontre*

fonctions mentales : imagination, raisonnement(s), conceptualisation...

aptitude : adaptation, action...

Et l'intelligence « artificielle » alors ?

Définition (Petit Robert, encore)

Intelligence Artificielle (I.A.) : partie de l'informatique qui a pour but la simulation de facultés cognitives afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence

Et l'intelligence « artificielle » alors ?

Définition (Petit Robert, encore)

Intelligence Artificielle (I.A.) : partie de l'informatique qui a pour but la simulation de facultés cognitives afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence

Conséquence : l'I.A. fait le pari (ahurissant ?) que ces facultés cognitives seraient (par la simulation) réductibles à un calcul...

Ordinateur = dispositif de calcul

Ordinateur = dispositif de calcul

Qu'est ce qu'un calcul ?

Plusieurs réponses formelles apportées respectivement par Gödel, Church, Turing, quasiment simultanément, dans les années 30 :

- la théorie des fonctions récursives ;
- le lambda-calcul ;
- les machines de Turing.

Théorie de la calculabilité

Ordinateur = dispositif de calcul

Qu'est ce qu'un calcul ?

Plusieurs réponses formelles apportées respectivement par Gödel, Church, Turing, quasiment simultanément, dans les années 30 :

- la théorie des fonctions récursives ;
- le lambda-calcul ;
- les machines de Turing.

Résultats

Church et Turing ont montré l'*équivalence* de ces trois approches

Théorie de la calculabilité

Ordinateur = dispositif de calcul

Qu'est ce qu'un calcul ?

Plusieurs réponses formelles apportées respectivement par Gödel, Church, Turing, quasiment simultanément, dans les années 30 :

- la théorie des fonctions récursives ;
- le lambda-calcul ;
- les machines de Turing.

Résultats

Church et Turing ont montré l'*équivalence* de ces trois approches

Thèse de Church-Turing

Toute fonction "calculable" l'est par une machine de Turing

→ *Tous les ordinateurs sont égaux...*

Calcul

Informellement, un *calcul* est la réécriture en un nombre fini d'étapes d'une liste de symboles d'entrée en une liste de symboles de sortie

Calcul

Informellement, un *calcul* est la réécriture en un nombre fini d'étapes d'une liste de symboles d'entrée en une liste de symboles de sortie

Programme

Un *programme* est la « recette » permettant d'effectuer un calcul donné sur le dispositif adéquat...

Calcul

Informellement, un *calcul* est la réécriture en un nombre fini d'étapes d'une liste de symboles d'entrée en une liste de symboles de sortie

Programme

Un *programme* est la « recette » permettant d'effectuer un calcul donné sur le dispositif adéquat...

Décidabilité

Une question est *décidable* s'il existe un programme, qui exécuté sur un dispositif de calcul, permet de répondre "oui" ou "non" à cette question

Une question dévastatrice (Hilbert, 1900)

Est-il possible de *prouver* que les axiomes de l'arithmétique des entiers naturels n'amènent aucune contradiction ?

Une question dévastatrice (Hilbert, 1900)

Est-il possible de *prouver* que les axiomes de l'arithmétique des entiers naturels n'amènent aucune contradiction ?

Réponse négative : Th. d'incomplétude (Gödel, 1931)

Tout système formel qui contient l'arithmétique des entiers naturels est tel que s'il ne contient pas de contradictions, il est incomplet

Une question dévastatrice (Hilbert, 1900)

Est-il possible de *prouver* que les axiomes de l'arithmétique des entiers naturels n'amènent aucune contradiction ?

Réponse négative : Th. d'incomplétude (Gödel, 1931)

Tout système formel qui contient l'arithmétique des entiers naturels est tel que s'il ne contient pas de contradictions, il est incomplet

Extension du Th. d'incomplétude : Th. d'indécidabilité (Church-Turing, 1936)

Il n'existe aucun programme qui permette de décider si l'exécution d'un programme quelconque sur une machine de Turing s'arrêtera.

Définition (Intelligence Artificielle)

Partie de l'informatique qui a pour but la simulation de facultés cognitives afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence

Définition (Intelligence Artificielle)

*Partie de l'informatique qui a pour but la **simulation** de **facultés cognitives** afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence*

Si l'hypothèse fondatrice de l'I.A. se base sur l'idée que ces facultés cognitives soient simulées par un calcul alors...

Définition (Intelligence Artificielle)

*Partie de l'informatique qui a pour but la **simulation** de **facultés cognitives** afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence*

Si l'hypothèse fondatrice de l'I.A. se base sur l'idée que ces facultés cognitives soient simulées par un calcul alors...

→ *le Th. d'indécidabilité pose d'emblée une énorme limite*

Définition (Intelligence Artificielle)

*Partie de l'informatique qui a pour but la **simulation** de facultés **cognitives** afin de suppléer l'être humain pour assurer des fonctions dont on convient, dans un contexte donné, qu'elles requièrent de l'intelligence*

Si l'hypothèse fondatrice de l'I.A. se base sur l'idée que ces facultés cognitives soient simulées par un calcul alors...

→ *le Th. d'indécidabilité pose d'emblée une énorme limite*

→ *C'est la question de la distinction entre raisonnement et calcul*

Exemple d'une définition (pourtant encore) prétentieuse...

I.A. = recherche des moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles *comparables* à des êtres humains [La recherche, janvier 1979]

Exemple d'une définition (pourtant encore) prétentieuse...

I.A. = recherche des moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles *comparables* à des êtres humains [La recherche, janvier 1979]

Searle, 1980

- *I.A. forte* : les machines seront intelligentes, posséderont une conscience, quelque soit le support physique de leur implémentation

Exemple d'une définition (pourtant encore) prétentieuse...

I.A. = recherche des moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles *comparables* à des êtres humains [La recherche, janvier 1979]

Searle, 1980

- *I.A. forte* : les machines seront intelligentes, posséderont une conscience, quelque soit le support physique de leur implémentation
- *I.A. faible* : les machines pourront agir comme si elles étaient intelligentes mais ne penseront pas, n'auront ni émotion ni conscience

Quatre approches de l'I.A.

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser,
d'en faire des machines dotées d'un esprit

[Haugeland, 85]

Quatre approches de l'I.A.

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser,
d'en faire des machines dotées d'un esprit
[Haugeland, 85]

Penser rationnellement

IA=étude des moyens informatiques qui
rendent possibles la perception,
le raisonnement, et l'action [Winston, 92]

Quatre approches de l'I.A.

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser,
d'en faire des machines dotées d'un esprit

[Haugeland, 85]

Penser rationnellement

IA=étude des moyens informatiques qui
rendent possibles la perception,

le raisonnement, et l'action [Winston, 92]

Agir comme les humains

IA=étude des moyens à mettre en œuvre pour
faire en sorte que des ordinateurs accomplissent
des choses pour lesquelles il est préférable de
recourir à des personnes pour le moment

[Rich, Knight, 91]

Quatre approches de l'I.A.

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser,
d'en faire des machines dotées d'un esprit
[Haugeland, 85]

Agir comme les humains

IA=étude des moyens à mettre en œuvre pour
faire en sorte que des ordinateurs accomplissent
des choses pour lesquelles il est préférable de
recourir à des personnes pour le moment
[Rich, Knight, 91]

Penser rationnellement

IA=étude des moyens informatiques qui
rendent possibles la perception,
le raisonnement, et l'action [Winston, 92]

Agir rationnellement

IA= étude du comportement intelligent
dans des artefacts [Nilsson, 98]

Quatre approches de l'I.A.

Intellect

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser, d'en faire des machines dotées d'un esprit [Haugeland, 85]

Penser rationnellement

IA=étude des moyens informatiques qui rendent possibles la perception, le raisonnement, et l'action [Winston, 92]

Comportement

Agir comme les humains

IA=étude des moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que des ordinateurs accomplissent des choses pour lesquelles il est préférable de recourir à des personnes pour le moment [Rich, Knight, 91]

Agir rationnellement

IA= étude du comportement intelligent dans des artefacts [Nilsson, 98]

Quatre approches de l'I.A.

Intellect

Intelligence(s)

Penser comme les humains

IA=tentative d'amener les ordinateurs à penser, d'en faire des machines dotées d'un esprit [Haugeland, 85]

Rationalité

Penser rationnellement

IA=étude des moyens informatiques qui rendent possibles la perception, le raisonnement, et l'action [Winston, 92]

Comportement

Agir comme les humains

IA=étude des moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que des ordinateurs accomplissent des choses pour lesquelles il est préférable de recourir à des personnes pour le moment [Rich, Knight, 91]

Agir rationnellement

IA= étude du comportement intelligent dans des artefacts [Nilsson, 98]

Comment pénétrer les rouages de l'esprit ? C'est l'objet des *sciences cognitives* :

- Introspection
- Expériences psychologiques (observer une personne dans ses comportements)
- Imagerie cérébrale (observer le cerveau en fonctionnement)
- ...

Comment pénétrer les rouages de l'esprit ? C'est l'objet des *sciences cognitives* :

- Introspection
- Expériences psychologiques (observer une personne dans ses comportements)
- Imagerie cérébrale (observer le cerveau en fonctionnement)
- ...

La question des limitations inhérentes au calcul reste présente

Lois de la pensée données par la *logique* (Aristote, Leibniz, Boole, Frege...). Plusieurs obstacles :

- toujours : théorème d'indécidabilité (Church)

Lois de la pensée données par la *logique* (Aristote, Leibniz, Boole, Frege...). Plusieurs obstacles :

- toujours : théorème d'indécidabilité (Church)
- difficultés du passage d'une connaissance informelle à l'expression de cette connaissance en termes formels

Lois de la pensée données par la *logique* (Aristote, Leibniz, Boole, Frege...). Plusieurs obstacles :

- toujours : théorème d'indécidabilité (Church)
- difficultés du passage d'une connaissance informelle à l'expression de cette connaissance en termes formels
- question de la complexité

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better ?

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better?
- *Witness* : It wouldn't scan.

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.
- *Witness* : Yes, but nobody wants to be compared to a winter's day.

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better ?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.
- *Witness* : Yes, but nobody wants to be compared to a winter's day.
- *Interrogator* : Would you say Mr. Pickwick reminded you of Christmas ?

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better ?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.
- *Witness* : Yes, but nobody wants to be compared to a winter's day.
- *Interrogator* : Would you say Mr. Pickwick reminded you of Christmas ?
- *Witness* : In a way.

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better ?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.
- *Witness* : Yes, but nobody wants to be compared to a winter's day.
- *Interrogator* : Would you say Mr. Pickwick reminded you of Christmas ?
- *Witness* : In a way.
- *Interrogator* : Yet Christmas is a winter's day, and I do not think Mr. Pickwick would mind the comparison.

Agir comme les humains : le Test de Turing

Un être humain interroge un agent sans le voir au travers d'une interface : si les réponses données ne lui permettent pas de distinguer un agent artificiel d'un agent humain alors l'agent artificiel est déclaré « intelligent ».

Exemple de dialogue [Turing, 1950]

- *Interrogator* : In the first line of your sonnet which reads "Shall I compare thee to a summer's day", would not "a spring day" do as well or better ?
- *Witness* : It wouldn't scan.
- *Interrogator* : How about "a winter' day," That would scan all right.
- *Witness* : Yes, but nobody wants to be compared to a winter's day.
- *Interrogator* : Would you say Mr. Pickwick reminded you of Christmas ?
- *Witness* : In a way.
- *Interrogator* : Yet Christmas is a winter's day, and I do not think Mr. Pickwick would mind the comparison.
- *Witness* : I don't think you're serious. By a winter's day one means a typical winter'sday, rather than a special one like Christmas.

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel
- capacités de représentation des connaissances

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel
- capacités de représentation des connaissances
- capacités de raisonnement automatisé

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel
- capacités de représentation des connaissances
- capacités de raisonnement automatisé
- capacité d'apprentissage

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel
- capacités de représentation des connaissances
- capacités de raisonnement automatisé
- capacité d'apprentissage
- plus : vision artificielle, capacités robotiques...

Un programme réalisant le test de Turing avec succès devrait posséder les fonctionnalités suivantes :

- capacités de traitement du langage naturel
- capacités de représentation des connaissances
- capacités de raisonnement automatisé
- capacité d'apprentissage
- plus : vision artificielle, capacités robotiques...

Le test de Turing a le « mérite » d'évacuer la question de la « pensée »...

Approche reposant sur la notion d'*agent* :

Approche reposant sur la notion d'*agent* :

Agent

artefact qui dans un environnement donné est capable

- de fonctionner de manière autonome
- de percevoir cet environnement
- de s'adapter au changement
- de poursuivre des objectifs

Approche reposant sur la notion d'*agent* :

Agent

artefact qui dans un environnement donné est capable

- de fonctionner de manière autonome
- de percevoir cet environnement
- de s'adapter au changement
- de poursuivre des objectifs

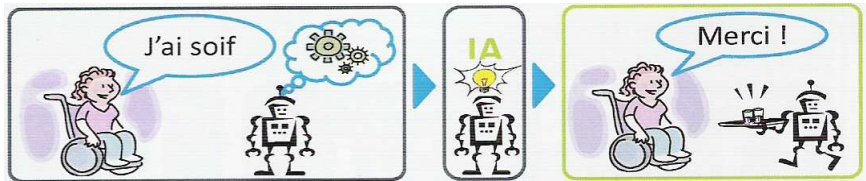
Agent rationnel

Agent qui agit de manière à atteindre la meilleure solution ou, dans un environnement incertain, la meilleure solution prévisible

Agent rationnel : définition calculatoire

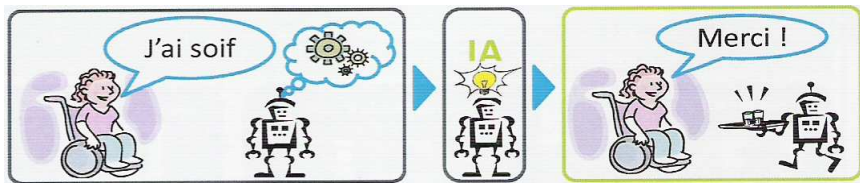
Le propos de l'I.A. est de concevoir des *dispositifs de calcul autonomes* capables d'*interagir avec un environnement donné*

Agent rationnel : un exemple de défi



Capacités requises : compréhension, raisonnement, planification, connaissance spatiale...

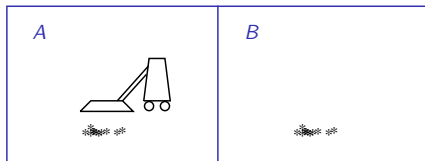
Agent rationnel : un exemple de défi



Capacités requises : compréhension, raisonnement, planification, connaissance spatiale...

→ *L'agent doit être capable de percevoir son environnement et d'agir sur celui-ci...*

Un agent : le robot aspirateur



Séquence de percepts	Action
$\langle A, Propre \rangle$	à droite
$\langle A, Sale \rangle$	aspirer
$\langle B, Propre \rangle$	à gauche
$\langle B, Sale \rangle$	aspirer
$\langle A, Propre \rangle \langle A, Propre \rangle$	à droite
$\langle A, Propre \rangle \langle A, Sale \rangle$	aspirer
...	...
$\langle A, Propre \rangle \langle A, Propre \rangle \langle A, Propre \rangle$	à droite
...	...

Mesure de performance

- Un *agent rationnel* effectue toujours l'action **appropriée**

Mesure de performance

- Un *agent rationnel* effectue toujours l'action **appropriée**
- Les actions de l'agent font passer l'environnement par une *séquence d'états*; si cette séquence est **désirable** l'agent s'est bien comporté

Mesure de performance

- Un *agent rationnel* effectue toujours l'action **appropriée**
- Les actions de l'agent font passer l'environnement par une *séquence d'états*; si cette séquence est **désirable** l'agent s'est bien comporté
- La *mesure de performance* évalue la séquence des états de l'environnement pour savoir si elle correspond à une **séquence attendue**

Mesure de performance

- Un *agent rationnel* effectue toujours l'action **appropriée**
- Les actions de l'agent font passer l'environnement par une *séquence d'états*; si cette séquence est **désirable** l'agent s'est bien comporté
- La *mesure de performance* évalue la séquence des états de l'environnement pour savoir si elle correspond à une **séquence attendue**

Agent rationnel

A tout instant, un *agent rationnel* sélectionnera une action qui maximise sa mesure de performance, compte tenu des observations fournies par la séquence de percepts et de la connaissance dont il dispose

- 1 Un agent omniscient connaît complètement l'environnement et le résultat de ses actions (illusoire dans le monde réel et différent de la rationalité)

- ① Un agent omniscient connaît complètement l'environnement et le résultat de ses actions (illusoire dans le monde réel et différent de la rationalité)
- ② Un agent qui dépend plus de ses connaissances initiales que de ses percepts manque d'autonomie

- 1 Un agent omniscient connaît complètement l'environnement et le résultat de ses actions (illusoire dans le monde réel et différent de la rationalité)
- 2 Un agent qui dépend plus de ses connaissances initiales que de ses percepts manque d'autonomie
- 3 L'apprentissage permet à l'agent de compenser la partialité de ses connaissances et le rend autonome

- 1 Un agent omniscient connaît complètement l'environnement et le résultat de ses actions (illusoire dans le monde réel et différent de la rationalité)
- 2 Un agent qui dépend plus de ses connaissances initiales que de ses percepts manque d'autonomie
- 3 L'apprentissage permet à l'agent de compenser la partialité de ses connaissances et le rend autonome

Exemple : l'aspirateur peut *apprendre* à prévoir où apparaîtra la poussière

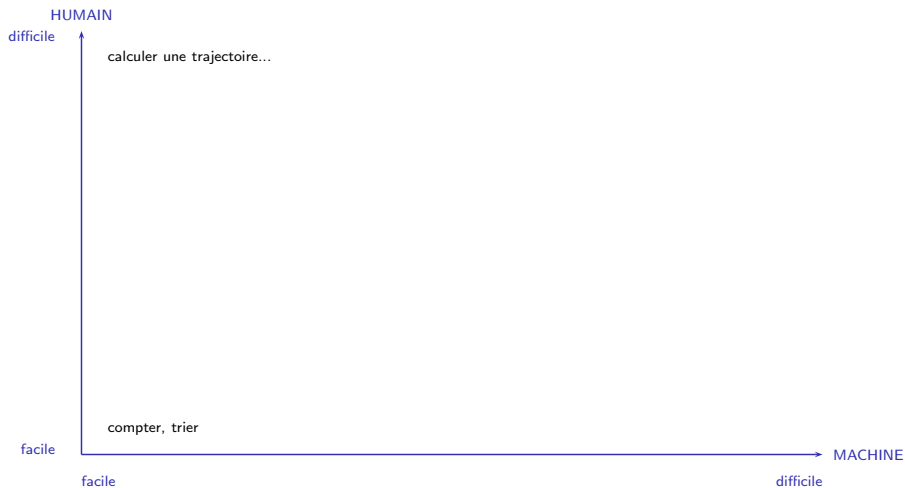
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



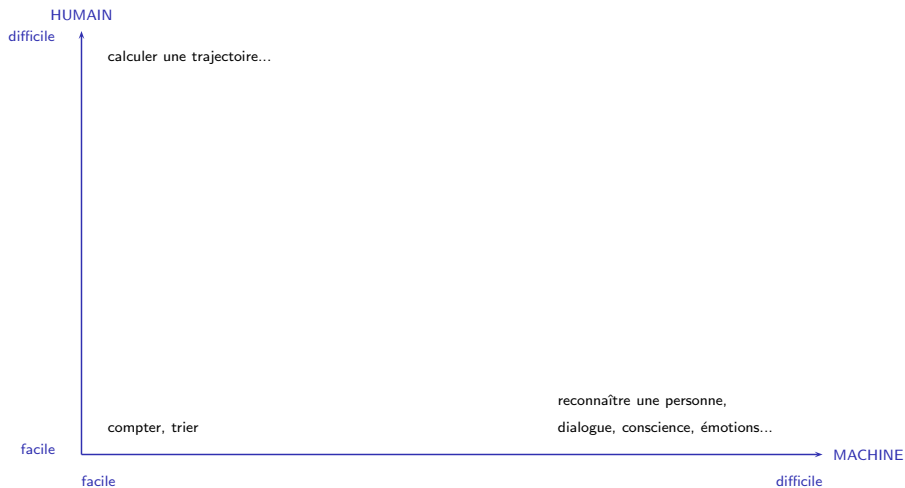
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



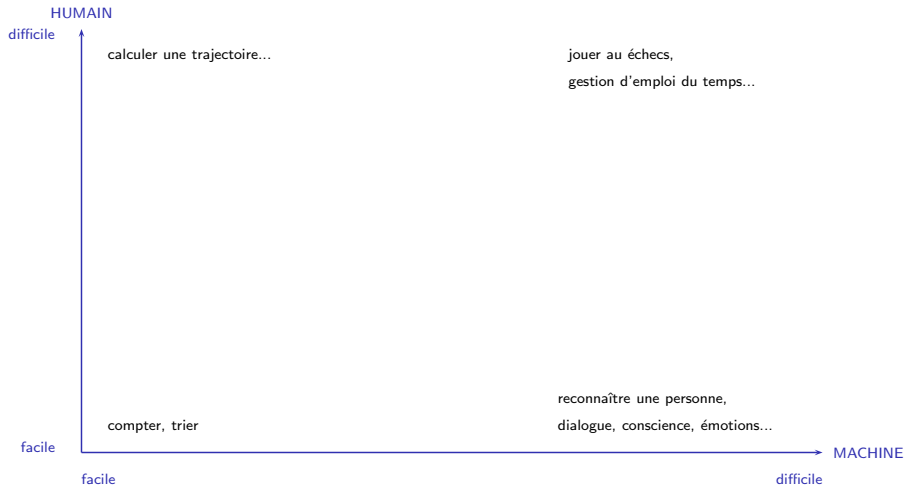
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



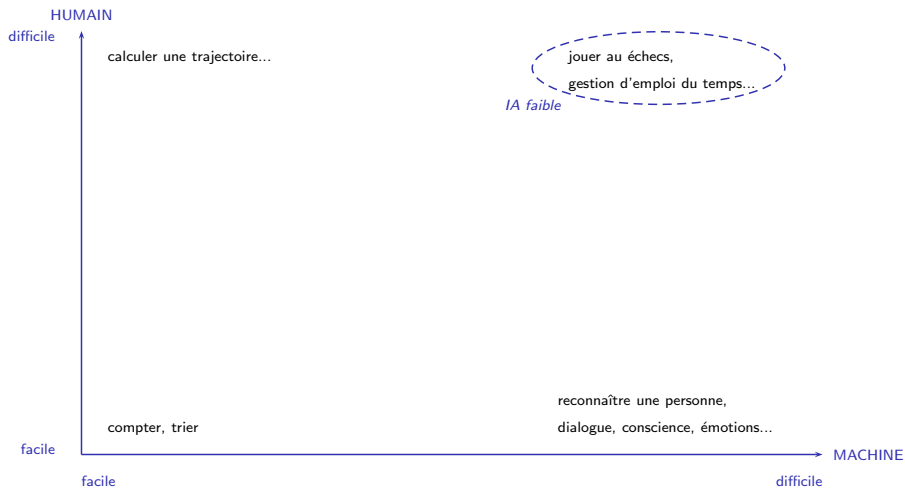
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



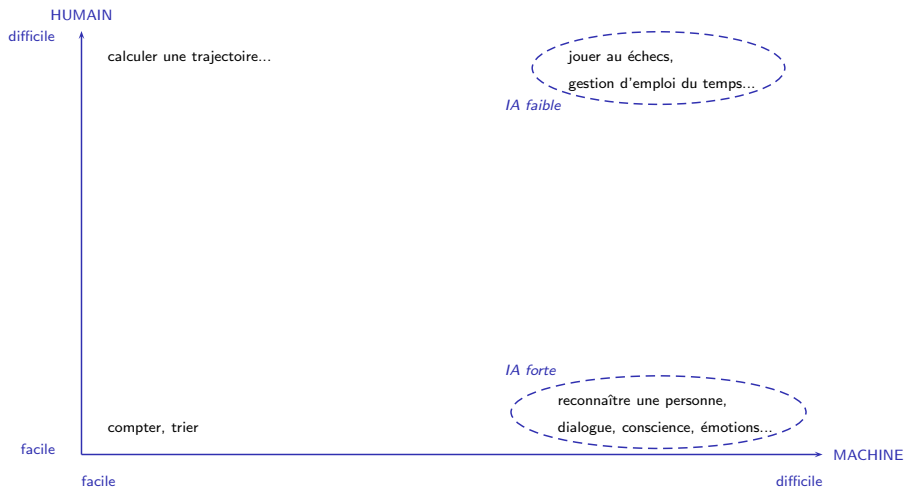
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



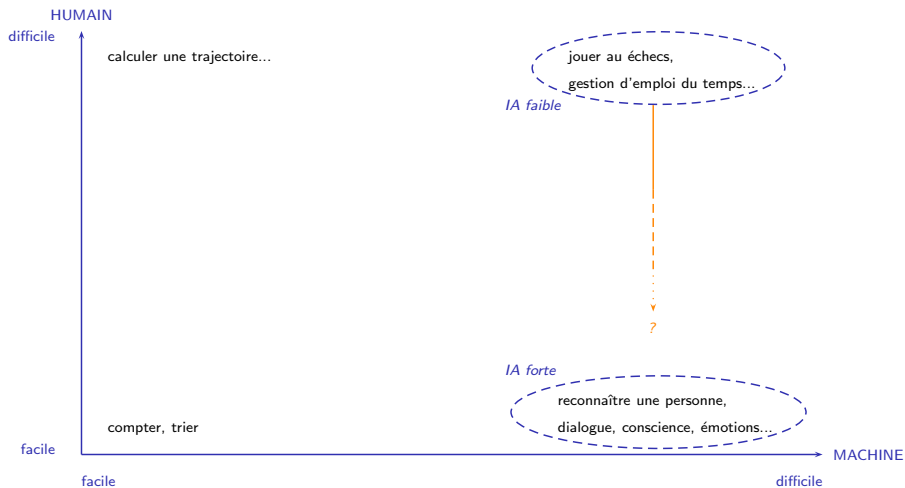
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



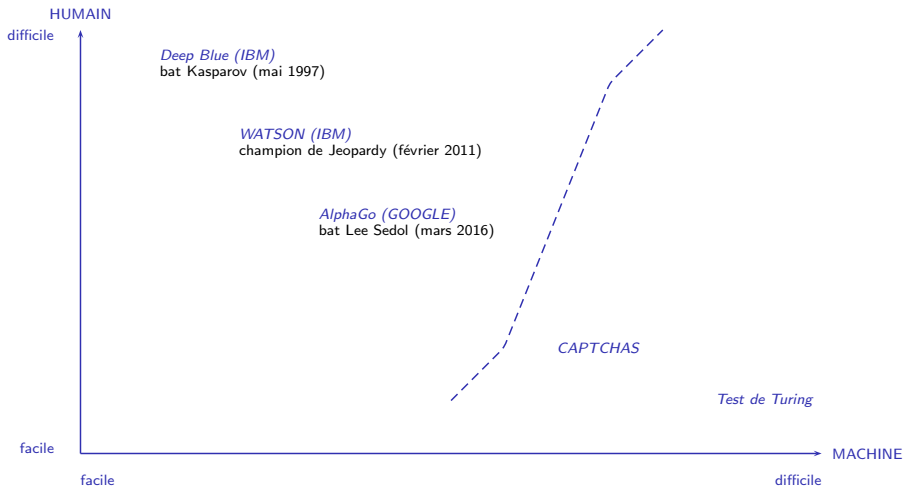
calculatoire vs cognitif : la distance à parcourir



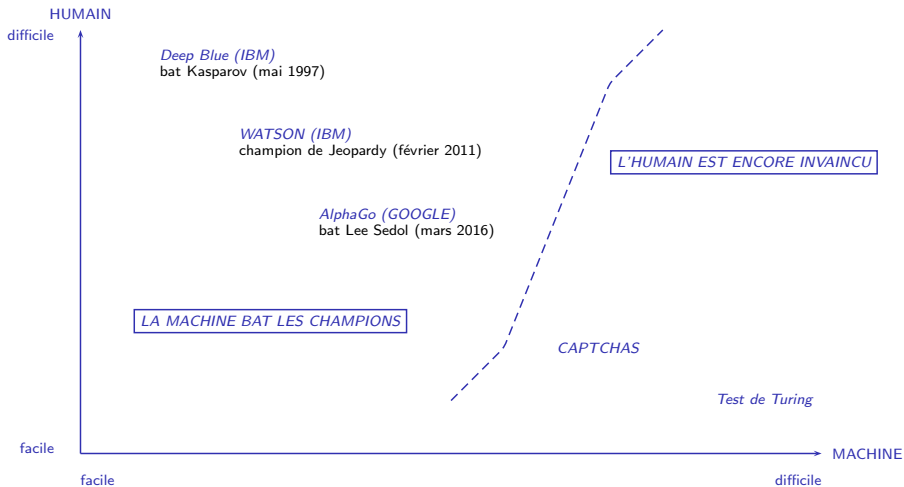
calculatoire vs cognitif : état des lieux



calculatoire vs cognitif : état des lieux



calculatoire vs cognitif : état des lieux



- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)

Domaines de l'informatique concernés par l'I.A.

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité
- Imagerie numérique (reconnaissance de formes)

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité
- Imagerie numérique (reconnaissance de formes)
- Logiques (représentation des connaissances, modèles de raisonnement)

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité
- Imagerie numérique (reconnaissance de formes)
- Logiques (représentation des connaissances, modèles de raisonnement)
- Langage naturel (compréhension et traitement, sémantique)

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité
- Imagerie numérique (reconnaissance de formes)
- Logiques (représentation des connaissances, modèles de raisonnement)
- Langage naturel (compréhension et traitement, sémantique)
- Bases de données (apprentissage et fouille de données)

- Algorithmique (écriture, preuve et complexité des programmes)
- Théorie de la complexité
- Imagerie numérique (reconnaissance de formes)
- Logiques (représentation des connaissances, modèles de raisonnement)
- Langage naturel (compréhension et traitement, sémantique)
- Bases de données (apprentissage et fouille de données)
- ...

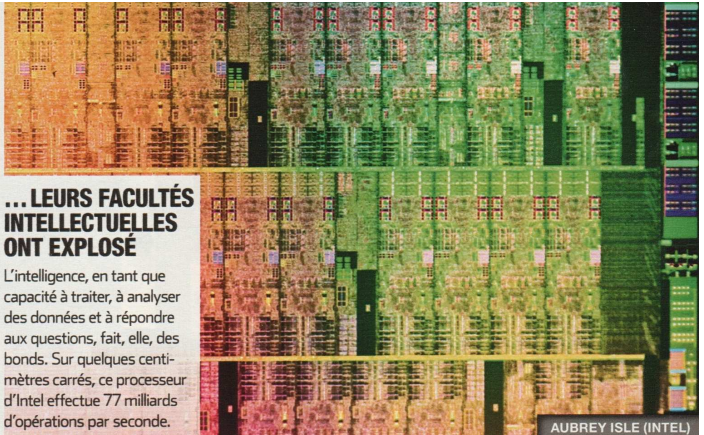
Qu'en pensez-vous ?



ASIMO (HONDA)

... LEURS FACULTÉS INTELLECTUELLES ONT EXPLOSÉ

L'intelligence, en tant que capacité à traiter, à analyser des données et à répondre aux questions, fait, elle, des bonds. Sur quelques centimètres carrés, ce processeur d'Intel effectue 77 milliards d'opérations par seconde.



AUBREY ISLE (INTEL)

Quels sont les limites de nos rêves pour l'I.A. ?

Annexe : un panorama des fondements historiques de l'IA

Fondements de l'I.A. : la philosophie

400 av. JC	<i>Platon</i>	Représentation des connaissances séparant le sensible (perceptions) de l'intelligible (pensée).
1637	<i>Discours de la méthode (Descartes)</i>	Perception, imagination et mémoire ne sont pas fiables mais raisonnement, doute et déduction permettent de connaître la vérité.
1675	<i>Pensée symbolique (Leibniz)</i>	Le raisonnement est réductible à une manipulation de symboles.
1931	<i>Th. d'incomplétude (Gödel)</i>	Tout système formel capable de démontrer sa propre cohérence est inconsistant.
1950	<i>Test (Turing)</i>	Critère de définition pour l'intelligence d'une machine.
1956	<i>Naissance de l'IA (Minsky, McCarthy)</i>	Conf. de Dartmouth : tous les aspects de l'intelligence sont appréhendables (!)
1980	<i>IA faible/forte (Searle)</i>	quels les enjeux ?
1987	<i>IA située (Brooks)</i>	Connaissance indissociable de l'action : donner un corps à la machine pour qu'elle perçoive et agisse afin de développer son intelligence.
1996	<i>The conscious mind (Chalmers)</i>	IA forte : le calcul permet de simuler l'organisation causale abstraite de n'importe quel système, comme par ex. les propriétés mentales
futur	<i>Singularité (Good, Kurzweil)</i>	Point dans le futur proche à partir duquel une IA dépassera l'intelligence humaine et prendra son relais dans l'accroissement exponentiel des connaissances.

Fondement de l'I.A. : les sciences

350 av. JC	<i>Aristote</i>	Première approche de la logique formelle
350 av. JC	<i>Eléments (Euclide)</i>	Premières méthodes de raisonnement formel en géométrie et th. des nombres
800	<i>Algèbre (Al-Khwarizmi)</i>	Etude des relations entre symboles et comme les règles logiques
1763	<i>Th. de Bayes (Bayes)</i>	rel. probabiliste permettant l'apprentissage automatique d'un modèle du monde.
1854	<i>The laws of thought (Boole)</i>	Bases mathématiques de la logique
1936	<i>Machine de Turing (Turing)</i>	Machine universelle pour la manipulation de symboles
1940	<i>Neurologie</i>	Cerveau = réseau de neurones qui génèrent des impulsions électriques
1943	<i>Neurone formel (McCulloch, Pitts)</i>	Premier modèle simplifié de fonctionnement du neurone.
1948	<i>Th. de l'information (Shannon)</i>	Bases des méthodes de traitement de l'information.
1956	<i>Logic Theorist (Newell, Simon)</i>	Premier démonstrateur de théorèmes (conf. de Dartmouth).
1957	<i>Perceptron (Rosenblatt)</i>	Premier neurone artificiel capable d'opérer une classification par apprentissage à partir d'exemples.
1960	<i>Méthodes bayésiennes</i>	Introduction des méthodes bayésiennes pour inférence et prédiction.
1965	<i>Logique floue (Zadeh)</i>	Inférence dans des systèmes ayant des degrés de vérité.
1965	<i>Dendral (Feigenbaum)</i>	Système expert en chimie.
1965	<i>Automates cellulaires (Von Neumann)</i>	Premier modèle de cellules artificielles capables de s'auto-répliquer.
1966	<i>Réseaux sémantiques (Quillian)</i>	Réseaux de concepts pour la représentation des connaissances.

Fondement de l'I.A. : les sciences

1968	<i>SHRDLU (Winograd)</i>	Système de compréhension du langage naturel dans un environnement de bloc, utilisant la planification.
1972	<i>Prolog (Colmerauer)</i>	Naissance de la programmation logique.
1975	<i>Algorithmes génétiques (Holland)</i>	algorithmes simulant la sélection naturelle pour des problèmes d'optimisation.
1976	<i>Théorie des croyances (Dempster, Schaffer)</i>	Théorie englobant la th. des probabilités et celle des possibilités.
1982	<i>Réseaux récurrents (Hopfield)</i>	Réseaux de neurones dont les sorties connectées aux entrées permettent d'apprendre des séquences d'opérations.
1983	<i>Apprentissage par renforcement (Barto)</i>	Apprentissage automatique par essai/erreur.
1985	<i>Rétro-propagation (Le-Cun)</i>	Apprentissage dans un réseau de neurones.
1990	<i>Systèmes multi-agents (Ferber)</i>	Interactions entre agents autonomes.
1992	<i>Machines à vecteurs supports (Guyon)</i>	Algorithme de classification fondé sur l'apprentissage statistique.

Le temps de l'I.A. : applications

2 s. av. JC	<i>Machine d'Anticythère (Archimède ou Hipparque)</i>	Appareil mécanique capable de calculer des positions astronomiques.
12e s	<i>Carillons</i>	Carillons programmables.
13e s	<i>Ars Generalis Ultima (Lull)</i>	Mécanisme pour la génération de raisonnements philosophiques en alignant des faits élémentaires.
17e s	<i>Speeding clock (Shickard), Pascaline (Pascal), Stepped reckoner (Leibniz)</i>	Premières machines à calculer.
18e s	<i>Orgue de barbarie, Canard (Vaucanson), Métier à tisser (Jacquard)</i>	Automates programmables.
1837	<i>Machine analytique (Babbage)</i>	Machine programmable.
1912	<i>El Ajedrecista (Torres y Quevedo)</i>	Automate à base d'électroaimants capable de jouer des finales de parties d'échecs.
1941	<i>Z3 (Zuse)</i>	Machine électromécanique programmable, premier ordinateur.
1965/75	<i>Dendral, Mycin</i>	Premiers systèmes experts.
1965/85	<i>AM/EURISKO/CYC (Lenat)</i>	Systèmes généraux de représentation symbolique, découverte de concepts et théorèmes mathématiques.
1986	<i>Boids (Reynolds)</i>	Logiciel de vie artificielle utilisé dans des films.

Le temps de l'I.A. : applications

1987	<i>Méto de Sendai, Japon (Hitochi)</i>	Premières applications de la logique floue pour le contrôle de la vitesse.
1991	<i>Drone Pioneer (armée américaine)</i>	Utilisation d'avions partiellement autonomes pendant la guerre du golfe.
1992	<i>TD-Gammon, IBM (Tesauro)</i>	Logiciel de backgammon de haut niveau, basé sur le renforcement.
1994	<i>VaMP/VITA2, Daimler-Benz (Dickmanns)</i>	Deux voitures autonomes parcourent 1000km sur l'autoroute A1 à proximité d Paris.
1996	<i>Sojourner (NASA)</i>	Robot utilisé pour l'exploration de Mars.
1996	<i>Creatures (Grand)</i>	Jeu vidéo de vie artificielle basé sur des simulations biologique et neurologiques.
1997	<i>Deep Blue (IBM)</i>	Le champion du monde d'échecs Kasparov est battu par ce programme.
1999	<i>AIBO (Sony)</i>	Robot simulant le comportement d'un chien.
2000	<i>ASIMO (Sony)</i>	Robot humanoïde capable d'interagir avec les humains : reconnaissance de personnes et d'environnements, manipulation d'objets, interprétation de gestes.
2000	<i>Google, Bing, Yahoo Amazon</i>	Utilisation de moteurs de recherche et de recommandation sur internet.
2002	<i>Roomba (iRobot)</i>	Aspirateur autonome capable de reconnaître et d'éviter des obstacles.
2004/07	<i>DARPA challenge</i>	Compétition entre véhicules terrestres autonomes.
2008	<i>MoGo (LRI, INRIA, CNRS)</i>	Premier logiciel qui bat un joueur professionnel de Go.
2011	<i>Watson (IBM)</i>	Système capable de battre les grands champions de Jeopardy.