

GLOSSAIRE EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

PRÉPARÉ PAR JIE ZHU¹

Agent	2
Agent autonome / <i>Autonomous Agent</i> (voir Agent)	3
Agent intelligent / <i>Intelligent Agent</i> (voir aussi Agent)	3
Agent rationnel / <i>Rational Agent</i>	3
Algorithme / <i>Algorithm</i>	4
Analyse des données / <i>Data Analytics</i>	5
Apprentissage automatique / <i>Machine Learning</i>	7
Apprentissage profond / <i>Deep Learning</i>	8
Automation / <i>Automatic systems</i>	8
Connexionnisme	9
Cybernétique / <i>Cybernetics</i>	9
Données massives (mégadonnées) / <i>Big Data</i>	10
Intelligence artificielle / <i>Artificial Intelligence</i>	11
Intelligence computationnelle / <i>Computational Intelligence</i>	18
Intelligence artificielle distribué / <i>Distributed Artificial Intelligence</i>	19
Intelligence artificielle faible / <i>Weak AI</i>	20
Intelligence artificielle forte / <i>Strong AI</i>	20
Intelligence artificielle symbolique / <i>Good Old Fashioned Artificial Intelligence (GOFAI)</i>	21
Kénétique	21
Réseau de neurones artificiels / <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	22
Robotique / <i>Robotics</i>	22
<i>Self-aware Computing</i>	23
Symbolisme	24
Système expert / <i>Expert System</i>	25
Système multi-agent (SMA)	28

¹ Avocate et candidate au doctorat à la Faculté de droit de l'Université de Montréal, Laboratoire de cyberjustice

Agent

En programmation, l'autonomie distingue un « agent » d'un « objet » passif. Un « agent » est une entité autonome capable d'interagir avec son environnement, y compris la capacité, quoique limitée, de percevoir son environnement (capteurs), de communiquer directement avec d'autres agents et d'agir sur son environnement (effecteurs). Il peut s'agir :

- d'un agent conversationnel (*chatbot*) qui dialogue avec ses utilisateurs;
- d'un agent robot;
- d'un programme;
- d'un logiciel.

Il n'y a pas de différence de fond entre un « agent », un « agent autonome » ou un « agent intelligent ».

- « An *agent* is a computer system that is *situated* in some *environment*, and that is capable of *autonomous action* in this environment in order to meet its design objectives. »

Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2001 à la p 15.

- « An agent is a computational entity such as a software program or a robot that can be viewed as perceiving and acting upon its environment and that is autonomous in that its behavior at least partially depends on its own experience. As an intelligent entity, an agent operates flexibly and rationally in a variety of environmental circumstances given its perceptual and effectual equipment. Behavioral flexibility and rationality are achieved by an agent on the basis of key processes such as problem solving, planning, decision making, and learning. As an interacting entity, an agent can be affected in its activities by other agents and perhaps by humans. »

Gerhard Weiss, dir, *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Cambridge/London, MIT Press, 1999, à la p 1.

- « Définition. *On appelle agent une entité physique ou virtuelle*
 - a. *qui est capable d'agir dans un environnement,*
 - b. *qui peut communiquer directement avec d'autres agents,*
 - c. *qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser),*
 - d. *qui possède des ressources propres,*
 - e. *qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement,*
 - f. *qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune),*
 - g. *qui possède des compétences et offre des services,*
 - h. *qui peut éventuellement se reproduire,*
 - i. *dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.*

(...)

Les agents sont *capables d'agir*, et non pas seulement de raisonner comme dans les systèmes d'IA classique. L'action, qui est un concept fondamental pour les systèmes multi-agents, repose sur le fait que les agents accomplissent des actions qui vont modifier l'environnement des agents et donc leurs prises de décision futures. Ils peuvent aussi *communiquer* entre eux, et c'est d'ailleurs là l'un des modes principaux d'interaction existant entre les agents. Ils agissent dans un environnement, sauf, comme nous le verrons, pour les agents purement communicants pour lesquels toutes les actions se résument à des communications. »

Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Paris, InterEditions, 1995 aux pp 13 et 14.

Agent autonome / Autonomous Agent (voir Agent)

- « Agent qui détermine lui-même ses actions et son état interne, sans l'intervention d'un tiers. »
Office québécois de la langue française, *Fiche terminologique*, « agent autonome » / « agent physique autonome » / « agent cognitif », 2017, en ligne : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8385376
- « An autonomous agent can be seen as a system capable of interacting independently and effectively with its environment via its own sensors and effectors in order to accomplish some given or self-generated task(s). Thus, humans and most animals can in this sense also be regarded as autonomous agents. »

Paul Davidsson, *Concepts and Autonomous Agents*, Department of Computer Science, Lund University, Sweden, 1994 à la p 7, en ligne : <http://fileadmin.cs.lth.se/ai/psfiles/paul-lic.pdf>

Agent intelligent / Intelligent Agent (voir aussi Agent)

- « ... when do we consider an agent to be intelligent ? The question, like the question 'what is intelligence?' itself, is not an easy one to answer. One way of answering the question is to list the kinds of capabilities that we might expect an intelligent agent to have. The following list was suggested in Wooldridge and Jennings (1995).

Reactivity. Intelligent agents are able to perceive their environment, and respond in a timely fashion to changes that occur in it in order to satisfy their design objectives.

Proactiveness. Intelligent agents are able to exhibit goal-directed behaviour by *taking the initiative* in order to satisfy their design objectives.

Social ability. Intelligent agents are capable of interacting with other agents (and possibly humans) in order to satisfy their design objectives. »

Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2001 à la p 23.

Agent rationnel / Rational Agent

Un agent rationnel se caractérise par sa capacité d'agir de façon autonome et d'une manière qui maximise sa mesure de performance.

- « For each possible percept sequence, a rational agent should select an action that is expected to maximize its performance measure, given the evidence provided by the percept sequence and whatever build-in knowledge the agent has. »

Stuart J Russell et Peter Norvig, *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 2^eéd, Pearson Education, 2003 à la p 36.

Algorithme / Algorithm

L'origine du mot « algorithme » est issue de la transcription latine du nom du mathématicien arabe *al-Kharezmi* (783-850) et du grec *arithmos*, qui veut dire « nombre ». Un algorithme désigne une suite finie et précise d'instructions permettant d'arriver à un résultat déterminé. Le concept d'algorithme en mathématiques prédate de loin l'avènement de l'informatique. L'algorithme d'Euclide, décrit dans le livre VII des *Éléments*, permet de trouver le plus grand commun diviseur (PGCD) de deux entiers naturels non nuls a et b à la suite d'une série de divisions présentées comme suit :

- On effectue la division euclidienne de a par b . On note r le reste (...).
- On remplace ensuite a par b et b par r .
- Tant que le reste est différent de 0, on réitère le procédé.

Après un certain nombre d'itérations, on obtiendra un reste égal à 0.

Le PGCD de a et de b est alors le reste précédent (c'est-à-dire **le dernier reste non nul**)².

Au sens large, une recette de cuisine, un protocole expérimental, des consignes de sécurité sont tous en quelque sorte des algorithmes.

En programmation, un algorithme désigne une méthode de résolution d'un problème transcrite d'une manière non ambiguë et susceptible d'être codée sur un ordinateur et exécutée par un programme. Nous sommes tous plus ou moins familiers avec différents algorithmes (formules) Excel qui permettent d'afficher uniquement certains résultats ou de comparer la valeur de différents résultats entre eux (*cf.* la fonction SI).

L'algorithme est donc aussi une méthode de traiter l'information. De même que l'utilité des fonctions Excel se décuplent avec la quantité des données à traiter, qu'il s'agisse du calcul de la somme ou de la moyenne, l'avènement du *Big Data* (*infra*) et la puissance de traitement des ordinateurs actuels laissent présager une application algorithmique sans précédent. L'on pense à l'algorithme de référencement de Google « qui peut lire, à une vitesse inimaginable, différentes informations sur les pages web et (...) détermine leur probabilité de pouvoir répondre à votre question »³. La publicité ciblée utilise des algorithmes catégorisant comme « cibles » des utilisateurs correspondant à certains profils afin d'optimiser les investissements publicitaires en ligne. Les techniques de détection de pourriels utilisent aussi des algorithmes analysant automatiquement des mots et expressions symptomatiques d'un pourriel. Les systèmes de détection de fraudes font également

² MATHS-COURS, *Calcul du PGCD – Algorithme d'Euclide*, en ligne : <https://www.maths-cours.fr/methode/algorithme-euclide/>

³ Benjamin Masse, *8 faits intéressants que vous ignorez sur l'algorithme de Google*, en ligne : <https://blog.hubspot.fr/marketing/faits-interessants-algorithme-google>

appel aux algorithmes d'apprentissage automatique (*infra*) afin de déceler des transactions et des mouvements de fonds irréguliers.

- « Au sens strict, un algorithme est la description d'une suite finie et non ambiguë d'étapes (ou d'instructions) permettant d'obtenir un résultat à partir d'éléments fournis en entrée. Par exemple, une recette de cuisine est un algorithme, permettant d'obtenir un plat à partir de ses ingrédients. (...)

Dans le monde de plus en plus numérique dans lequel nous vivons, **les algorithmes informatiques permettent de combiner de informations les plus diverses pour produire une grande variété de résultats : simuler l'évolution de la propagation de la grippe en hiver, recommander des livres à des clients sur la base des choix déjà effectués par d'autres clients, comparer des images numériques de visages ou d'empreintes digitales, piloter de façon autonome des automobiles ou des sondes spatiales, etc.** » [soulignés dans l'original]

France, Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), *Comment permettre à l'homme de garder la main? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle. Synthèse du débat public animé par la CNIL dans le cadre de la mission de réflexion éthique confiée par la loi pour une République numérique*, décembre 2017 à la p 2, en ligne : https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/cnil_rapport_garder_la_main_web.pdf

- « Let us try to imagine a device for carrying out some (finitely definable) calculational procedure. (...) we want our device to have a discrete set of different possible states, which are *finite* in number (though perhaps a very large number). We call these the *internal* states of the device. (...) There is, in principle, no limit to the size of the numbers on which that algorithm can act. The algorithm – or the general calculational *procedure* – is just the same no matter how large the numbers are. For very large numbers, the procedure may indeed take a very long time ... But the *algorithm* is the same *finite* set of instructions no matter how big the numbers. »

Roger Penrose, *The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics*, Oxford University Press, 1989 à la p 35.

- « An *algorithm* is an infallible, step-by-step recipe for obtaining a prespecified result. « Infallible » means the procedure is guaranteed to succeed positively in a finite number of steps (assuming each step is carried out correctly). Note that, although the total number of steps must always be finite, there need be no prior limit on how many steps that might be. « Step-by-step » means three things: (1) the recipe prescribes one step at a time, one after another; (2) after each step, the next step is fully determined (there are no options or uncertainties); and (3) after each step, the next step is obvious (no insight or ingenuity is required to figure it out). »

John Haugeland, *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, MIT Press, 1985 à la p 65.

Analyse des données / Data Analytics

L'analyse des données désigne l'application de méthodes statistiques à des jeux de données structurées, non structurées ou semi structurées dans le but d'extraire des informations pertinentes. Cette analyse peut s'opérer à plusieurs niveaux :

- Une analyse descriptive est généralement effectuée à un stade initial pour mettre en évidence les grandes tendances de concentration ou de dispersion des données, en faisant ressortir ce qui est dissimulé par le volume;
- L'analyse devient diagnostique lorsqu'elle s'intéresse aux corrélations pouvant se remarquer entre différentes données, identifier les variables plus ou moins influentes et ce qui permet d'aboutir à une tendance plutôt que d'autres;
- L'analyse prédictive cherche à se servir de ce que l'on connaît déjà pour extrapoler, anticiper l'évolution future des données et des comportements sous-jacents.
- L'analyse prescriptive vise enfin à influencer l'évolution future des données et des comportements sous-jacents en connaissant leur probabilité d'occurrence et les facteurs d'influence.

L'analyse des données, dont l'origine statistique prédate l'avènement de l'intelligence artificielle, peut à son tour bénéficier de la plus-value de l'automatisation et des algorithmes intelligents pour traiter une très grande quantité de données en temps réel.

- « Analytics has a spectrum of methodologies, techniques, and approaches from descriptive, diagnostic, predictive and prescriptive analytics.

Descriptive analytics such as segmentation, clustering, and classification are generally performed at the initial stage of the analysis in order to get a good understanding of the shapes and the patterns of data. Descriptive analytics focus on finding the « what » - for example, what are our customers' behavior patterns? Who are our loyal customers? Descriptive analytics is widely used in consumer behavior analysis and marketing, providing a very effective way to understand the behavior of millions of consumers and creating targeted actions to each segment of customers instead of the masses. The descriptive analysis algorithms are the most natural in terms of accuracy and performance.

The next level of analytics is Diagnostic analytics which at times is coupled with descriptive analytics. This deals with the « correlations » - what is correlated to a customer choosing one product over another? Diagnostic analytics are generally more difficult to perform and produce more valuable insight. For example, marketers can sometimes interpret correlations based on business logic and take marketing actions accordingly. However, correlations cannot conclusively prove « causality » by machine learning algorithms, as the correlation is only true based on the limited learning data set used. Information produced from both Descriptive and Diagnostic analytics are generally considered hindsight as they largely concern things which have already happened in the past.

Predictive analytics is about using the information of the past to understand the likely occurrence of the future – for example, what is likely to happen next or what is a customer likely to buy next. Sophisticated models and machine learning are crucial in this area to

perform the inductive reasoning needed. Finally, the most difficult type of analytics is Prescriptive analytics. Prescriptive analytics provides insight on what can be done to increase the probability of a desired outcome occurring – what can be done to make a customer more likely to choose product A over product B?

Predictive and prescriptive analytics are much more prevalent now than previously. There have been technological advancements in both software and hardware that enable more complex analytics to be performed. There are also many more sources of data, with high levels of digitization across the globe and with the Internet of Things taking shape. These factors, together with the exponential improvements in software and hardware, mean that a lot more data is available for analysis today than before. The extreme volumes of data created are now commonly referred to as « big data ». »

Amy Shi-Nash et David R Hardoon, « Data analytics and predictive analytics in the era of Big Data » dans Hwaiyu Geng, dir, *Internet of Things and Data Analytics Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., 2017, 329 à la p 3301

- « Le Data Analytics, abrégé par DA, est une science consistant à examiner des données brutes, dans le but de tirer des conclusions à partir de ces informations. Le Data Analytics est utilisé dans de nombreuses industries afin de permettre aux entreprises et aux organisations de **prendre de meilleures décisions**. Dans le domaine scientifique, il est utilisé pour vérifier des théories ou pour réfuter des modèles existants. »

Bastien L, « Définition : Qu'est-ce que le Data Analytics? », *LE BIG DATA*, 9 juin 2016, en ligne : <https://www.lebigdata.fr/definition-quest-data-analytics>

Apprentissage automatique / *Machine Learning*

L'apprentissage automatique (*machine learning*) regroupe l'ensemble de méthodes statistiques permettant aux machines et ordinateurs d'apprendre par eux-mêmes et d'optimiser leur performance sans avoir été explicitement programmé. L'expression *machine learning* vient d'Arthur Samuel (1901-1990), pionnier américain de l'intelligence artificielle connu pour avoir développé, dès 1952, le tout premier programme d'auto-apprentissage du jeu de dames (*Samuel Checkers-playing Program*). Cette capacité auto-apprenante, après le second hiver de l'intelligence artificielle (1987-1993), aura permis d'intégrer à notre quotidien plusieurs applications intelligentes telles que les technologies de reconnaissance faciale, les moteurs de recommandation ainsi que les voitures autonomes.

Les techniques d'apprentissage automatique sont généralement classées en trois catégories :

- L'apprentissage supervisé
 - L'apprentissage non supervisé
 - L'apprentissage par renforcement
- « Alors que le programmeur doit traditionnellement décomposer en de multiples instructions la tâche qu'il s'agit d'automatiser de façon à en expliciter toutes les étapes, l'apprentissage automatique consiste à alimenter la machine avec des exemples de la tâche que l'on se propose de lui faire accomplir. (...) L'intelligence artificielle qui repose sur

le *machine learning* concerne donc des algorithmes dont la particularité est d'être conçus de sorte que leur comportement évolue dans le temps, en fonction des données qui leur sont fournies. »

France, Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), *Comment permettre à l'homme de garder la main? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle. Synthèse du débat public animé par la CNIL dans le cadre de la mission de réflexion éthique confiée par la loi pour une République numérique*, décembre 2017 à la p 16, en ligne : https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/cnil_rapport_garder_la_main_web.pdf

Apprentissage profond / Deep Learning

L'apprentissage profond (*deep learning*) est une technique d'apprentissage automatique (*supra*) utilisant le modèle du réseau de neurones artificiels (voir *infra*) afin de raffiner les résultats des calculs et des opérations. La profondeur du réseau, caractérisée par le nombre de couches neuronales intermédiaires, permet de favoriser une convergence progressive et optimisée vers la valeur finale. Il peut être appliqué de façon supervisée, non supervisée ou par renforcement.

- « Apprentissage profond, *deeplearning* en anglais, ou encore « rétropropagation de gradient »... ces termes, quasi synonymes, désignent des techniques d'apprentissage machine (*machine learning*), une sous-branche de l'intelligence artificielle qui vise à construire automatiquement des connaissances à partir de grandes quantités d'information »

Encyclopédie EU UNIVERSALIS.fr, « APPRENTISSAGE PROFOND OU DEEP LEARNING », en ligne : https://www.universalis.fr/encyclopedie/apprentissage-profond-deep-learning/#i_84068

- « L'apprentissage profond (*Deeplearning*) est le socle des avancées récentes de l'apprentissage automatique, dont il est l'une des branches. »

France, Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), *Comment permettre à l'homme de garder la main? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle. Synthèse du débat public animé par la CNIL dans le cadre de la mission de réflexion éthique confiée par la loi pour une République numérique*, décembre 2017 à la p 16, en ligne : https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/cnil_rapport_garder_la_main_web.pdf

Automation / Automatic systems

Se dit d'un « [m]ode d'organisation d'un ensemble de procédés ou de systèmes visant à rendre automatique une suite d'opérations » (Larousse)

- « An *automatic* formal system is a formal system that « works » (or « plays ») by itself. More precisely, it is a physical device (such as a machine), with the following characteristics:
 1. some of its parts or states are identified as the tokens (in position) of some formal system; and
 2. in its normal operation, it automatically manipulates these tokens according to the rules of that system.

So an automatic formal system is like a set of chess pieces that hop around the board, abiding by the rules, all by themselves, or like a magical pencil that writes out formally correct mathematical derivations without the guidance of any mathematician. »

John Haugeland, *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, MIT Press, 1985 à la p 76.

Connexionnisme

Champ de recherche aux frontières de l'intelligence artificielle et de la modélisation en neurophysiologie et en psychologie. Les modèles connexionnistes utilisent des réseaux de neurones formels dont l'organisation et le fonctionnement rappellent les systèmes neuronaux physiologiques, dans le but de simuler des comportements du type de ceux que l'on observe en psychologie expérimentale. Il est apparu à la fin des années 1980 comme alternative à la modélisation classique en sciences cognitives fondées sur le modularisme et le calcul symbolique (voir symbolisme *infra*).

- « Le connexionnisme est un courant de recherche assez vaste qui constitue une voie originale dans l'étude des phénomènes cognitifs. Les modèles connexionnistes utilisent ce que l'on appelle des réseaux de neurones formels, ou réseaux neuromimétiques, dont l'organisation et le fonctionnement rappellent, à un certain niveau d'abstraction, les systèmes neuronaux physiologiques, dans le but de simuler, de manière certes très simpliste, des comportements du type de ceux que l'on observe en psychologie expérimentale. Ainsi ces modèles cherchent à faire le lien entre le fonctionnement du cerveau et celui de l'esprit, en proposant des mécanismes plausibles du point de vue neurophysiologique qui pourraient expliquer certains aspects de la cognition humaine. Ce champ de recherche, aux frontières de l'intelligence artificielle et de la modélisation en neurophysiologie et en psychologie, a suscité beaucoup d'intérêt depuis la fin des années 1980, où il est apparu comme une alternative bienvenue à la modélisation classique en sciences cognitives fondée sur le modularisme et le calcul symbolique. »

Bernard Victorri, « Chapitre 7. Le connexionnisme » dans Francis Eustache, Bernard Lechevalier et Fausto Viader, dir, *Traité de neuropsychologie clinique*, coll « Neurosciences & cognition », De Boeck Supérieur, 2008, 53, en ligne : <https://www.cairn.info/traite-de-neuropsychologie-clinique--9782804156787-page-53.htm?contenu=resume>

Cybernétique / Cybernetics

La cybernétique est un terme technique recyclé par le mathématicien américain Norbert Wiener (1948) pour désigner l'ensemble des mécanismes auto-régulateurs de contrôle et de communication qui se remarquent aussi bien chez l'animal que dans la machine. À la lumière de disciplines émergentes comme la thermodynamique, les sciences cognitives et l'électronique, Wiener proposait en effet une vision unifiée et mécaniciste du monde dont le fonctionnement repose sur des échanges simples et logiques d'unités d'information. Le terme tomba en désuétude après le décès de Norbert Wiener en 1964.

- « **Cybernetics**, control theory as it is applied to complex systems. Cybernetics is associated with models in which a monitor compares what is happening to a system at various sampling times with some standard of what should be happening, and a controller adjusts the system's behaviour accordingly. »

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Cybernetics”, en ligne :
<https://www.britannica.com/science/cybernetics>

- « Cybernetics preceded AI as a discipline that shared the ambition of providing an explanation of the nature of higher cognitive activities such as learning, memory, and, more generally, teleological purposive behavior, couched in the terminology of the physical sciences. In this attempt, cybernetics maintained a vision of unity between the natural and the artificial, and investigated ways in which certain fundamental capacities and behaviors of the living and the nonliving can be characterized at a level sufficiently abstract to allow a unified explanation, most specifically in terms of there being a controlling component in these systems that monitors and guides the behavior of the system through feedback mechanisms.

(...)

Cybernetics versus AI: A Contrast in Methodologies

In cybernetics, there was not as much of a prioritization of the natural over the artificial, or vice versa, and much less of an issue about modeling one on the other. In contrast, questions about what is genuine versus what is imitated or simulated have always dominated AI, built on the very foundations of the distinction between the natural and the artificial. ...

Another difference between cybernetics and AI, indirectly related to their differing stances toward the natural/artificial distinction, has to do with the emphasis each placed on different aspects of intelligence and agency. For cybernetics, the fundamental idea was the unifying character of communication and governance of behavior in animals, humans, and machines alike; in classical AI, cognitive activities such as thinking, reasoning, planning, and problem solving took center stage almost exclusively. (...)

Cybernetics tried to explain cognition by building, for each cognitive task, some (idealized) neuronal structure capable of accomplishing it. On the other hand, AI's strategy when confronted with the same problem was to provide a program capable of manipulating a symbolic representation of the input and turning it into a representation of the output, regardless of the structure used to perform the actual computation. This is why neurophysiology was so relevant to cybernetics and irrelevant to AI. »

Stefano Franchi et Güven Güzeldere, « Machinations of the Mind: Cybernetics and Artificial Intelligence from Automata to Cyborgs » dans Stefano Franchi et Güven Güzeldere, dir, *Mechanical Bodies, Computational Minds. Artificial Intelligence from Automata to Cyborgs*, MIT Press, 2005, 15 aux pp 24–25, 71.

- « We have decided to call the entire field of control and communication theory, whether in the machine or in the animal, by the name *Cybernetics*, which we form from the Greek (...) or *steersman*. »

Norbert Wiener, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2e éd, Cambridge, MIT Press, 1985 à la p 11, en ligne: https://uberty.org/wp-content/uploads/2015/07/Norbert_Wiener_Cybernetics.pdf

Données massives (mégadonnées) / Big Data

L'appellation *Big Data* (« mégadonnées » ou « données massives » en français) désigne l'avènement de données si volumineuses qu'il devient difficile de les gérer à l'aide d'outils d'analyse classiques : Montréal International, *Le Big Data au Québec*, février 2016 à la p 7, en ligne : https://www.quebecinternational.ca/media/2902752/2016-02_etude-profil_du_big_data_au_quebec.pdf.

La qualification de mégadonnées tient à quatre éléments principaux, connus comme les 4 V du *Big Data* :

Volume	Variété	Vélocité	Véracité
Le monde produit en deux jours plus de données qu'il n'en a produit entre le début de l'humanité et 2003.	Cette masse de données comprend à la fois des données structurées et, de plus en plus, des données non structurées ou semi-structurées.	La puissance des ordinateurs actuels permet de traiter une grande quantité de données en temps réel et à une vitesse record.	Le traitement de ces données est conditionnel à une vérification de leur crédibilité et validité.

- « The term « big data » was first mentioned by NASA researches Michael Cox and David Ellsworth in 1997 in the context of a problem statement – the volume of data was fast becoming too excessive for available computer systems to store and process. Shortly after which, the world began to pay more attention to the growing volume and value of data due to the nature and exponential growth – humans were creating more data than they could handle.

The characteristics of big data are commonly described by the industry in terms of Volume, Variety, Velocity, and Veracity (...) »

Amy Shi-Nash et David R Hardoon, « Data analytics and predictive analytics in the era of Big Data » dans Hwaiyu Geng, dir, *Internet of Things and Data Analytics Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., 2017, 329 à la p 334.

Intelligence artificielle / *Artificial Intelligence*

Si la notion d'intelligence est difficile à définir, l'intelligence artificielle (IA) regroupe *grosso modo* l'ensemble de théories et de techniques permettant aux machines de simuler l'intelligence humaine, c'est-à-dire de réaliser des tâches relevant normalement de l'intelligence humaine.

Les auteurs Russell et Norvig (2003) relèvent à cet effet quatre catégories définitionnelles de l'IA :

Systèmes qui pensent comme des humains	Systèmes qui pensent rationnellement	Systèmes qui agissent comme des humains	Systèmes qui agissent rationnellement
Approche par modélisation cognitive	Approche des lois de la pensée	Test de Turing	Approche de l'agent rationnel

Ex. : systèmes tutoriels intelligents	Ex. : algorithmes d'optimisation et d'aide à la décision	Ex. : traitement du langage naturel	Ex. voiture autonome
---------------------------------------	--	-------------------------------------	----------------------

Le terme a fait son apparition à l'état 1956 lors d'une conférence tenue sur le campus de Dartmouth College. Depuis ses origines, le développement de l'intelligence artificielle a été tiré par deux courants inspirés de la psychologie cognitive : le symbolisme (*infra*) et le connexionnisme (*supra*). En postulant une analyse en simultané d'une grande quantité d'entrées de données à la manière des réseaux neuronaux biologiques, le connexionnisme a permis des avancées spectaculaires à la discipline depuis les exploitants d'un conseiller Watson à la composition automatique des pièces de musique et d'articles de journaux en passant par la reconnaissance faciale.

Cela étant, une interrogation ontologique persiste à savoir dans quelle mesure les diverses manifestations objectives de l'intelligence pouvaient témoigner par ailleurs d'une intelligence artificielle forte, soit l'existence d'une conscience subjective, de vrais sentiments pouvant être éprouvés ou une réelle compréhension du monde de la part d'applications intelligentes indépendamment de toute manifestation objective. En attendant la résolution de ce débat philosophique, la plupart des chercheurs se contentent d'optimiser le volet « simulation exécutive » des outils intelligents qui agissent comme s'ils étaient intelligents (intelligence artificielle faible).

- « Ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine »

Encyclopédie Larousse, « Intelligence artificielle », en ligne :

https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257

- « **Définition.** Domaine d'étude ayant pour objet la reproduction artificielle des facultés cognitives de l'intelligence humaine dans le but de créer des systèmes ou des machines capables d'exécuter des fonctions relevant normalement de celle-ci

Note. L'intelligence artificielle touche à de nombreux domaines, comme les sciences cognitives et les mathématiques, et à diverses applications, notamment en reconnaissance des formes, en résolution de problèmes, en robotique, dans les jeux vidéo ainsi que dans les systèmes experts. »

Office québécois de la langue française, *Fiche terminologique*, « intelligence artificielle », 2017, en ligne : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8385376

- « **Peu de notions font aujourd'hui l'objet d'un usage plus mouvant que celle d'« intelligence artificielle » (IA).** Le choix a été fait dans ce rapport de se concentrer pragmatiquement sur les usages d'ores et déjà effectifs de l'intelligence artificielle et, plus précisément, sur ceux qui ont fait l'objet des plus rapides développements au cours des dernières années, en lien avec les progrès du *machine learning* (ou apprentissage automatique).

De façon large, l'intelligence artificielle peut être définie comme « la science qui consiste à faire faire aux machines ce que l'homme ferait moyennant une certaine intelligence » (Marvin Minsky). (...)

En premier lieu, les chercheurs se sont vus contraints de délaissier l'objectif visant à mettre au point une IA généraliste (ou « IA forte ») pour se concentrer sur des tâches plus spécifiques, sur la résolution de problèmes tels que la reconnaissance d'images, la compréhension du langage naturel ou la pratique de jeux (jeu de dames, échecs, jeu de go, par exemple). On parle dès lors d'« IA faible », car spécialisée. » [surlignés dans l'original]

France, Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), *Comment permettre à l'homme de garder la main? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle. Synthèse du débat public animé par la CNIL dans le cadre de la mission de réflexion éthique confiée par la loi pour une République numérique*, décembre 2017 à la p 16, en ligne : https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/cnil_rapport_garder_la_main_web.pdf

- « L'Intelligence Artificielle (IA) est le nom donné à l'ensemble des techniques qui visent à reproduire dans des machines électroniques les aptitudes sensorielles et cognitives des animaux, de l'homme en particulier. L'intelligence des êtres vivants est multiple, variée et évolutive. Il en est de même de son avatar technologique : l'Intelligence Artificielle (IA) qu'il n'est donc pas possible de définir au singulier.

L'intelligence peut toutefois se définir selon deux grandes catégories de facultés. La première intelligence, que nous partageons avec la plupart des espèces animales, est celle qui nous relie au monde extérieur et nous permet de percevoir, d'apprendre, de reconnaître, d'estimer et de décider. Elle est centrale à notre capacité d'adaptation et de survie dans un monde toujours fluctuant et son automatisation a été jusqu'ici le principal moteur de l'intelligence artificielle (IA). Grâce aux progrès constants de la microélectronique, de l'informatique, du traitement du signal, de l'analyse statistique et plus récemment de l'apprentissage profond opérant sur de vastes données (big data), des résultats remarquables ont été obtenus dans l'automatisation des tâches de perception et de décision.

La seconde intelligence est plus intime. Elle englobe les facultés de l'esprit, celles qui nous permettent d'imaginer, d'élaborer, d'inventer et d'espérer. Le seul modèle dont nous disposons pour essayer de reproduire dans une machine les propriétés de cette intelligence créatrice est notre cerveau, dont l'architecture est nettement différente de celle de l'ordinateur classique (mémoire et processus s'y entremêlent dans de mêmes circuits, aujourd'hui encore très mystérieux). Une nouvelle informatique, nécessairement neuro-inspirée, est à imaginer pour reproduire cette seconde intelligence, autrement dit faire émerger ce qu'on appelle l'IA générale ou l'IA forte. »

France Intelligence Artificielle (FranceIA), *Rapport de synthèse. France Intelligence Artificielle. Groupes de travail*, Aux pp 42-43, en ligne : https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/86/1/Conclusions_Groupes_Travail_France_IA_738861.pdf

- « Very generally, artificial intelligence (AI) is a cross-disciplinary approach to understanding, modeling, and replicating intelligence and cognitive processes by invoking various computational, mathematical, logical, mechanical, and even biological principles and devices. On the one hand, it is often abstract and theoretical as investigators try to develop theories that will enrich our understanding of natural cognition or help define the limits of computability or proof theory. On the other hand, it is often purely pragmatic as other investigators focus on the engineering of smart machines and applications. »

Keith Frankish et William M Ramsey, "Introduction" dans Keith Frankish et William M Ramsey, dir, *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*, Cambridge University Press, 2014, 1 à la p 1. DOI: 10.1017/CBO9781139046855.001

- « AI has always been a part of computer science, an engineering discipline aimed at creating smart computer programs – that is, intelligent software products to meet human needs.(...) AI also has its science side, which is aimed at helping us understand human intelligence. This endeavour includes building software systems that “think” in human-like ways, as well as producing computational models of aspects of human cognition. »

Stan Franklin, « 1. History, motivations, and core themes » dans Keith Frankish et William M Ramsey, dir, *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*, Cambridge University Press, 2014, 15 à la p 15. DOI: 10.1017/CBO9781139046855.003

- « En logique informatique, l'intelligence « artificielle » est désignée comme une « recherche de moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles comparables à celles des êtres humains ». »

Daniel Dubois, « Intelligence naturelle et intelligence artificielle » (2011) *Acta Europeana Systemica* 1 à la p 2.

- « L'Intelligence Artificielle (IA) limite parfois son objectif à l'interprétation d'une situation ou d'un texte. Plus souvent, il s'agit d'une activité constructive, fonction d'une situation et d'un objectif, de type « résolution de problèmes » :
 - *problèmes de synthèse* comme la conception d'un objet, défini en termes d'objectifs et de contraintes,
 - *problèmes de planification*, en vue d'atteindre un objectif en combinant dans le temps divers moyens d'actions soumis à des contraintes,
 - *problèmes de diagnostic* (médical, financier, technique...) visant à comprendre les causes d'une situation d'après divers symptômes, et à définir comment y remédier (en termes d'aide à la décision voire de planification),
 - *problèmes d'aide à la décision*, visant à éclairer et déterminer des choix en fonction d'une situation, d'objectifs et de contraintes. »

Louis Frécon et Okba Kazar, *Manuel d'intelligence artificielle*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009, aux pp 6-7.

- « A major thrust in algorithmic development is the design of algorithmic models to solve increasingly complex problems. Enormous successes have been achieved through the modeling of biological and natural intelligence, resulting in so-called “intelligent systems”. These intelligent algorithms include artificial neural networks, evolutionary computation, swarm intelligence, artificial immune systems, and fuzzy systems. Together with logic, deductive reasoning, expert systems, case-based reasoning and symbolic machine learning systems, these intelligent algorithms form part of the field of *Artificial Intelligence* (AI). Just looking at this wide variety of AI techniques, AI can be seen as a combination of several research disciplines, for example, computer science, physiology, philosophy, sociology and biology. »

Andries P Engelbrecht, *Computational Intelligence: An Introduction*, 2^e éd, John Wiley & Sons, 2007 à la p 3, en ligne :

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470512517.ch1>

- « *Artificial intelligence* (AI) focuses on getting machines to do things that we would call intelligent behaviour. Intelligence – whether artificial or otherwise – does not have a precise definition, but there are many activities and behaviours that are considered intelligent when exhibited by humans and animals. Examples include seeing, learning, using tools, understanding human speech, reasoning, making good guesses, playing games, and formulating plans and objectives. AI focuses on how to get machines or computers to perform these same kinds of activities, though not necessarily in the same way that humans or animals might do them. »

Dana S Nau, “Artificial Intelligence and Automation” dans S Nof, dir, *Springer Handbook of Automation*. *Springer Handbooks*, Springer, Berlin, Heidelberg, 249. DOI: 10.1007/978-3-540-78831-7_14

- « The term *artificial intelligence* was coined in the second half of the twentieth century, and it refers – generally in the abbreviated form AI – to the particular research program that continues to be pursued at present mainly by computer scientists and engineers. The overarching goal of AI is the creation of intelligence, and in its present state, this comes down to the design and construction of an artificial system using computational tools that has intelligent capacities and exhibits it through its behavior.

The *artificiality* of AI comes from the fact that the intelligent system in question is one without a natural history; it is not part of the biological order; it is an artifact designed and synthetically built by team of human researchers. The *intelligence* of AI is to be manifested through the output that a system produces, be it actual behavior in an automaton or robot, or simulated behavior expressed in symbolic form.

In this chapter, we assign different referents to the terms *artificial intelligence* and *AI* ... Artificial intelligence as a broader intellectual project shares the same overarching goal of AI: the bringing into being of intelligence by the human hand. By the term *artificial intelligence* we mean the totality of the ambitions and efforts to reach this goal throughout history, not only in the present or in any one particular era. Thus we locate it in a much broader historical context than the AI of the present.»

Stefano Franchi et Güven Güzeldere, « Machinations of the Mind: Cybernetics and Artificial Intelligence from Automata to Cyborgs » dans Stefano Franchi et Güven Güzeldere, dir, *Mechanical Bodies, Computational Minds. Artificial Intelligence from Automata to Cyborgs*, MIT Press, 2005, 15 à la p 16.

- Definitions of Artificial intelligence can be organized into four categories:
 - Systems that think like humans (the cognitive modeling approach);
 - Systems that think rationally (the « laws of thought » approach);
 - Systems that act like humans (the Turing Test approach);

The computer would need to possess the following capabilities:

- **natural language processing** to enable it to communicate successfully
- **knowledge representation** to store what it knows or hears;
- **automated reasoning** to use the stored information to answer questions and to draw new conclusions;
- **machine learning** to adapt to new circumstances and to detect and extrapolate patterns;
- **computer vision** to perceive objects, and
- **roboticsto** manipulate objects and move about.
- Systems that act rationally (the rational agent approach).

Stuart J Russell et Peter Norvig, *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 2^eéd, Pearson Education, 2003aux pp 1-5.

- « AI is the study of the mechanisms underlying intelligent behavior through the construction and evaluation of artifacts that attempt to enact those mechanisms. »

George F Luger, *Artificial Intelligence. Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, 4^e éd, Addison Wesley, 2002à la p 781.

- « Artificial intelligence (AI) has been one of the most controversial domains of inquiry in computer science since it was first proposed in the 1950s. Defined as the part of computer science concerned with designing systems that exhibit the characteristics associated with human intelligence – understanding language, learning, reasoning, solving problems, and so on ... »

États-Unis, National Research Council, *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academy Press, 1999à la p 198.

- « Artificial intelligence (AI) is the established name for the field we have defined as computational intelligence (CI), but the term “artificial intelligence” is a source of much confusion. Is artificial intelligence real intelligence? Perhaps not, just as an artificial pearl is a fake pearl, not a real pearl. “Synthetic intelligence” might be a better name, since, after all, a synthetic pearl may not be a natural pearl but it is a real pearl. However, since we claimed that the central scientific goal is to understand both natural and artificial (or synthetic) systems, we prefer the name “computational intelligence.” »

David Poole, Alan Mackworthet Randy Goebel, *Computational Intelligence. A Logical Approach*, New York, Oxford University Press, 1998aux pp 1-2, en ligne : <https://www.cs.ubc.ca/~poole/ci/ch1.pdf>

- « the study of intelligent behaviour (in humans, animals and machines) and the attempt to find ways in which such behaviour could be engineered in any type of artefact »

Blay Whitby, *A beginner's guide: Artificial Intelligence*, Oxford, England: Oneworld Publications, 2003 à la p 1

- « **INTELLIGENCE THROUGH COMPUTATION.** AI seeks to achieve *intelligence through computation*. Any computation requires a *representation* of some entity (e.g., as a numerical

quantity) as well as a procedure for *manipulation*. (This ignores the possibility of nonalgorithmic computing.) Representation and manipulation are key elements of AI. Obviously, we cannot manipulate knowledge unless it is adequately represented. (...)

AN ENGINEERING DEFINITION. From an engineering viewpoint, we might argue that AI is about *generating representations and procedures that automatically (autonomously) solve problems heretofore solved by humans*. (...)

Robert J Schalkoff, *Artificial Intelligence. An Engineering Approach*, McGraw-Hill, 1990 à la p 2.

- « ... the epitome of the entire drama is *Artificial Intelligence*, the exciting new effort to make computers think. The fundamental goal of this research is not merely to mimic intelligence or produce some clever fake. Not at all. « AI » wants only the genuine article: *machines with minds*, in the full and literal sense. This is not science fiction, but real science, based on a theoretical conception as deep as it is daring: namely, we are, at root, *computers ourselves*. That idea – the idea that thinking and computing are radically the same – is the topic of this book.»

John Haugeland, *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, MIT Press, 1985 à la p 2.

- « An area of much interest in recent years is that referred to as *artificial intelligence*, often shortened simply to 'AI'. The objectives of AI are to imitate by means of machines, normally electronic ones, as much of human mental activity as possible, and perhaps eventually to improve upon human abilities in these respects. There is interest in the results of AI from at least four directions. In particular there is the study of *robotics*, which is concerned, to a large extent, with the practical requirements of industry for mechanical devices which can perform 'intelligent' tasks – tasks of a versatility and complication which have previously demanded human intervention or control – and to perform them with a speed and reliability beyond any human capabilities, or under adverse conditions where human life could be at risk. Also of interest commercially, as well as generally, is the development of *expert systems*, according to which the essential knowledge of an entire profession – medical, legal, etc. – is intended to be coded into a computer package! Is it possible that the experience and expertise of human members of these professions might actually be supplanted by such packages? Or is it merely that long lists of factual information, together with comprehensive cross-referencing, are all that can be expected to be achieved? (...) Another area in which AI could have direct relevance is *psychology*. It is hoped that by trying to imitate the behaviour of a human brain (or that of some other animal) by means of an electronic device – or by failing to do so – one may learn something of importance concerning the brain's workings. Finally, there is the optimistic hope that for similar reasons AI might have something to say about deep questions of philosophy, by providing insights into the meaning of the concept of *mind*. »

Roger Penrose, *The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics*, Oxford University Press, 1989 à la p 11.

- « ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) is the part of computer science concerned with designing intelligent computer systems, that is, systems that exhibit the characteristics we associate with intelligence in human behavior – understanding language, learning, reasoning, solving problems, and so on. »

Avron Barr et Edward A Feigenbaum, dir, *The Handbook of Artificial Intelligence*, vol 1, Stanford (CA), William Kaufmann, Inc, 1981 à la p 3

- « If you asked physicists or chemists to offer an abstract definition of their field, you would expect to find them in substantial agreement. It is doubtful whether you would find such agreement if you were to gather together the various scientists studying artificial intelligence. (...) The Association for Computing Machinery's recommended computer science curriculum contains an outline for course A9, *Artificial Intelligence*, which lists theorem proving, game playing, pattern recognition, problem solving, adaptive programming, decision making, music composition by computer, learning networks, natural-language data processing, and verbal and concept learning as suitable topics (ACM Curriculum Committee, 1968). ...

There appears to be a meaningful body of knowledge whose unifying principles are difficult to identify. The problem seems to lie in the definition of *intelligence*. Psychologists, who have faced the problem of defining intelligence for some time, have adopted the pragmatic approach that intelligence is what the intelligence test measures. I shall do the same. For the first 90% of this book, « artificial intelligence » will simply be the collection of things taught in artificial intelligence courses.»

Earl B Hunt (1975). *Artificial Intelligence*, New York, Academic Press, 1975 aux pp 3-4

- « The study [of artificial intelligence] is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. »

John McCarthy, Marvin L Minsky, Nathaniel Rochester et Claude E Shannon, « A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. August 31, 1955 » (2006) 27:4 AI Magazine 12 à la p 12, en ligne: <https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/download/1904/1802>

Intelligence computationnelle / Computational Intelligence

L'intelligence computationnelle peut être considérée comme une approche particulière de l'intelligence artificielle consacrant une vision restrictive des activités cognitives comme résultant strictement d'un calcul logique ou mathématique. Le modèle de l'intelligence computationnelle prône davantage une simulation par machine des activités rationnelles dans des environnements complexes et évolutifs.

- « Computational intelligence is the study of the design of intelligent agents. An **agent** is something that acts in an environment – it does something. Agents include worms, dogs, thermostats, airplanes, humans, organizations, and society. An **intelligent agent** is a system that acts intelligently. What it does is appropriate for its circumstances and its goal, it is flexible to changing environments and changing goals, it learns from experience, and it makes appropriate choices given perceptual limitations and finite computation.

The central scientific goal of computational intelligence is to understand the principles that make intelligent behaviour possible, in natural or artificial systems. The main hypothesis is

that reasoning is computation. The central engineering goal is to specify methods for the design of useful, intelligent artifacts. » [surligné dans l'original]

David Poole, Alan Mackworth et Randy Goebel, *Computational Intelligence. A Logical Approach*, New York, Oxford University Press, 1998 à la p 1, en ligne : <https://www.cs.ubc.ca/~poole/ci/ch1.pdf>

- « This book concentrates on a sub-branch of AI, namely Computational Intelligence (CI) – the study of adaptive mechanisms to enable or facilitate intelligent behaviour in complex and changing environments. These mechanisms include those AI paradigms that exhibit an ability to learn or adapt to new situations, to generalize, abstract, discover and associate. »

Andries P Engelbrecht, *Computational Intelligence: An Introduction*, 2^e éd, John Wiley & Sons, 2007 à la p 4, en ligne : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470512517.ch1>

- « This is quite broad definition : **computational intelligence is a branch of computer science studying problems for which there are no effective computational algorithms.** (...)

A good part of CI research is concerned with low-level cognitive functions: perception, object recognition, signal analysis, discovery of structures in data, simple associations and control. (...)

From this point of view AI is a part of CI focusing on problems that require higher cognition and at present are easier to solve using symbolic knowledge representation... The main overlap areas between low and high-level cognitive functions are in sequence learning, reinforcement learning, machine learning and distributed multi-agent systems. All tasks that require reasoning based on perceptions, such as robotics, automatic car driving, autonomous systems require methods for solving both low and high-level cognitive problems and thus are a natural meeting ground for AI experts with the rest of CI community. » [surligné dans l'original]

Włodzisław Duch, *What is Computational Intelligence and what could it become?*, 2007 aux pp 6-7, en ligne: <http://cogprints.org/5358/1/06-CIdef.pdf>

Intelligence artificielle distribuée / *Distributed Artificial Intelligence*

Sous-domaine de l'intelligence artificielle qui émerge au milieu des années 1970 et qui s'intéresse à la résolution de problèmes distribués. Son application la plus connue est celle des systèmes multi-agents (*infra*).

- « Since its inception in the mid to late 1970s distributed artificial intelligence (DAI) evolved and diversified rapidly. Today it is an established and promising research and application field which brings together and draws on results, concepts, and ideas from many disciplines, including artificial intelligence (AI), computer science, sociology, economics, organization and management science, and philosophy. Its broad scope and multi-disciplinary nature make it difficult to precisely characterize DAI in a few words. (...)

DAI is the study, construction, and application of multiagent systems, that is, systems in which several interacting, intelligent agents pursue some set of goals or perform some set of tasks.

Gerhard Weiss, dir, *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Cambridge/London, MIT Press, 1999, à la p 1.

Intelligence artificielle faible / *Weak AI*

- « ... une intelligence artificielle faible se développe sur des systèmes informatiques par un programme de simulation de l'intelligence. »

Daniel Dubois, « Intelligence naturelle et intelligence artificielle » (2011) *Acta Europeana Systemica* 1 à la p 2.

- « ... the assertion that machines could possibly act intelligently (or, perhaps better, act *as if* they were intelligent) is called the **weak AI** hypothesis by philosophers, and the assertion that machines that do so are *actually* thinking (as opposed to *simulating* thinking) is called the **strong AI** hypothesis. »

Stuart J Russell et Peter Norvig, *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 2^e éd, Pearson Education, 2003 à la p 947.

Intelligence artificielle forte / *Strong AI*

- « According to strong AI, not only would the devices [...] indeed be intelligent and have minds, etc., but mental qualities of a sort can be attributed to the logical functioning of *any* computational device, even the very simplest mechanical ones, such as a thermostat. The idea is that mental activity is simply the carrying out of some well-defined sequence of operations, frequently referred to as an *algorithm*. (...) according to strong AI, the difference between the essential functioning of a human brain (including all its conscious manifestations) and that of a thermostat lies only in this much greater *complication* (or perhaps 'higher-order structure' or 'self-referential properties', or some other attribute that one might assign to an algorithm) in the case of a brain. Most importantly, all mental qualities – thinking, feeling, intelligence, understanding, consciousness – are to be regarded, according to this view, merely as aspects of this complicated functioning; that is to say, they are features merely of the *algorithm* being carried out by the brain. »

Roger Penrose, *The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics*, Oxford University Press, 1989 à la p 17.

- « ... the assertion that machines could possibly act intelligently (or, perhaps better, act *as if* they were intelligent) is called the **weak AI** hypothesis by philosophers, and the assertion that machines that do so are *actually* thinking (as opposed to *simulating* thinking) is called the **strong AI** hypothesis. »

Stuart J Russell et Peter Norvig, *Artificial Intelligence. A Modern Approach*, 2^e éd, Pearson Education, 2003 à la p 947.

Intelligence artificielle symbolique / *Good Old Fashioned Artificial Intelligence (GOFAI)*

Un paradigme classique épousant une vision strictement computationnelle de l'intelligence pouvant être simulée par un système de règles précises et définies. Le terme a été forgé en 1985 par le professeur de philosophie John Haugeland pour désigner l'intelligence artificielle symbolique, modélisable à partir d'un raisonnement formel et de la logique. Son application la plus connue est la conception des systèmes experts (*infra*).

- « GOFAI [Good Old Fashioned Artificial Intelligence], as a branch of cognitive science, rests on a particular theory of intelligence and thought – essentially Hobbes's idea that ratiocination is *computation*. (...)

... given that same theory, it should also be possible (in principle) to *simulate* that intelligence on a computer – just as scientists routinely simulate everything from hurricanes and protein synthesis to traffic jams and the black market of Albania. Here the important point is that the simulating system and the system being simulated do not work according to the same principles: (...)

More specifically, the claims essential to all GOFAI theories are these:

1. Our ability to deal with things intelligently is due to our capacity to think about them reasonably (including subconscious thinking); and
2. Our capacity to think about things reasonably amounts to a faculty for internal « automatic » symbol manipulation.

Two points follow immediately. First, inasmuch and insofar as these internal symbol manipulations are intelligent thoughts, they must be interpreted as about the outside world (i.e., whatever the system deals with intelligently). Second, in being committed to *internal* symbol manipulation, GOFAI is committed to at least one level of analysis: that is, an intelligent system must contain some computational subsystems (« inner computers ») to carry out those « reasonable » internal manipulations. »

John Haugeland, *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, MIT Press, 1985 aux pp 112–113.

Kénétique

La kénétique représente aux années 2000 ce que la cybernétique (*supra*) l'a été dans les années 1950 et 1960. Connue comme la science de l'interaction, la kénétique est nouvelle approche de conception des systèmes informatiques distribués dont l'application la plus connue est les systèmes multi-agents (*infra*).

- « La kénétique a aussi pour ambition de prôner un nouveau mode de conception de systèmes informatiques, cherchant à dépasser les techniques informatiques actuelles pour réaliser des logiciels distribués fonctionnant avec une grande souplesse et une grande adaptabilité à leur environnement. L'objectif alors de ce que j'appellerai la *conception kénétique de logiciels* est de donner naissance à des systèmes informatiques capables d'évoluer par interaction, adaptation et reproduction d'agents relativement autonomes et fonctionnant dans des univers physiquement distribués. »

Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Paris, InterEditions, 1995 à la p 55.

Réseau de neurones artificiels / *Artificial Neural Network (ANN)*

Le réseau de neurones artificiels est un cadre connexionniste (voir connexionnisme *infra*) inspiré du fonctionnement des réseaux neuronaux biologiques pour permettre à de nombreux algorithmes d'apprentissage automatique d'optimiser le traitement des entrées de données complexes. Cette approche connexionniste postule qu'un résultat émergent de réseaux d'unités simples interconnectées représente plus que la somme de ses parties. Elle s'oppose au computationnisme, une théorie fonctionnaliste en philosophie de l'esprit qui assimile la pensée à un calcul et l'application stricte d'un système de règles.

- « An Artificial Neural Network (ANN) in simple terms is a biologically inspired computational model, which consists of processing elements (called neurons), and connections between them with coefficients (weights) bound to the connections. These connections constitute the neuronal structure and attached to this structure are training and recall algorithms. Neural networks are called the connectionist models because of the connections found between the neurons. »

SubanaShanmuganathan, « Artificial Neural Network Modelling: An Introduction » dans SubanaShanmuganathan et Sandhya Samarasinghe, dir, *Artificial Neural Network Modelling*, Cham, Springer, 2016, 1 à la p 4, en ligne : https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-28495-8_1.pdf

Robotique / *Robotics*

La robotique ou la science des robots ne doit pas être confondue avec l'intelligence artificielle qui n'y contribue qu'en partie. La conception et la mise au point des robots abordent un ensemble de problèmes mécaniques, électroniques et techniques qui ne relèvent pas des intérêts de l'intelligence artificielle.

- « **Définition.** Ensemble des disciplines et des techniques qui permettent de concevoir, mettre en œuvre et faire fonctionner des robots capables d'exécuter de manière autonome une ou plusieurs tâches dans des environnements spécifiques. »

Office québécois de la langue française, *Fiche terminologique*, « robotique », 2018, en ligne : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=2078479

- « ... la robotique, et surtout la robotique distribuée, est une application possible des systèmes multi-agents, ces derniers décrivant ce que les robots doivent être capables d'accomplir pour coopérer à des tâches mettant en œuvre plusieurs robots.

En revanche, la robotique étudie tout un ensemble de problèmes mécaniques, électroniques, géométriques et, d'une manière générale, de commandes de mouvement qui ne font pas partie des intérêts de la kinématique. De ce fait, sauf pour de très rares applications qui consistent à décomposer un robot manipulateur en un ensemble d'agents (Overgaard et al.

1994) et (Regnier et Duhaut 1995), la kénétique ne se tourne vers la robotique que lorsqu'il s'agit de faire interagir un ensemble de robots mobiles ensemble. »

Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Paris, InterEditions, 1995 à la p 63.

Self-aware Computing

Expression apparue en 2015 pour désigner un nouveau paradigme de l'informatique abordant un domaine d'intérêt de l'intelligence artificielle qu'est la conscience de soi informatique, entendue au sens de la capacité des systèmes de collecter de l'information et de maintenir une connaissance à jour, non seulement par rapport à leur expérience, mais aussi de leurs états et environnements internes afin d'interagir dans un environnement complexe et incertain.

➤ « **Definition 1.1** Self-aware computing systems are computing systems that:

1. *learn models capturing knowledge* about themselves and their environment (such as their structure, design, state, possible actions, and runtime behaviour) on an ongoing basis and
2. *reason* using the models (e.g., predict, analyze, consider, and plan) enabling them to *act* based on their knowledge and reasoning (e.g., explore, explain, report, suggest, self-adapt, or impact their environment)

in accordance with *high-level goals*, which may also be subject to change. »

Samuel Kounev et al, « The Notion of Self-aware Computing » dans Samuel Kounev, Jeffrey O Kephart, Aleksandar Milenkoski et Xiaoyun Zhu, dir, *Self-Aware Computing Systems*, Springer, 2017, 3 à la p 5, en ligne : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-47474-8_1#citeas

➤ « Self-aware computing describes a new paradigm for systems and applications that proactively gather information; maintain knowledge about their own internal states and environments; and then use this knowledge to reason about behaviours. This paradigm is well suited for advanced intelligent decision making in dynamic and uncertain environments, which can in turn support effective and explainable autonomy and self-adaptation. »

Peter R Lewis, Marco Platzner, Bernhard Rinner, Jim Tørresenet Xin Yao, « Chapter 1. Self-aware Computing : Introduction and Motivation » dans Peter R Lewis, Marco Platzner, Bernhard Rinner, Jim Tørresen et Xin Yao, dir, *Self-aware Computing Systems. An Engineering Approach*, Springer, 2016, 1 à la p 2, en ligne : https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-39675-0_1.pdf

➤ « Self-aware computing systems are best understood as a subclass of autonomic computing systems. The term, autonomic computing, was first introduced by IBM in 2001. (...)

Definition 1. A computing system is considered to be “self-aware” if it possesses, and/or is able to acquire at runtime, the following three properties, ideally to an increasing degree the longer the system is in operation:

- Self-reflective: Aware of its software architecture, execution environment, and hardware infrastructure on which it is running as well as of its operational goals (e.g., quality-of-service requirements, cost- and energy-efficiency targets),
- Self-predictive: Able to predict the effect of dynamic changes (e.g., changing service workloads) as well as predict the effect of possible adaptation actions (e.g., changing system configuration, adding/removing resources),
- Self-adaptive: Proactively adapting as the environment evolves in order to ensure that its operational goals are continuously met.

The three properties in the above definition are obviously not binary, and different systems may satisfy them to a different degree, however, in order to speak of “self-awareness”, all three properties must apply to the considered system. »

Model-driven Algorithms and Architectures for Self-Aware Computing Systems, Schloss Dagstuhl Leibniz-Zentrum für Informatik, 23 janvier 2015, en ligne: <https://www.dagstuhl.de/15041>

Symbolisme

Un courant en psychologie cognitive décrivant le système cognitif comme un emboîtement de modules réalisant un traitement en série de l'information. L'esprit est analogue à un programme informatique qui manipulerait des symboles selon des règles logiques. Il s'oppose au connexionnisme (voir *supra*) pour lequel un traitement en série de l'information n'est pas compatible avec la rapidité avec laquelle l'information est traitée par le cerveau humain.

- « Le symbolisme décrit le système cognitif comme un emboîtement de modules qui réalise un traitement en série de l'information. Le traitement de l'information est pris en charge par différents modules spécialisés qui s'emboîtent les uns dans les autres selon une organisation logique et hiérarchique. L'esprit est analogue à un programme informatique qui manipulerait des symboles selon des règles logiques.

Les mécanismes mentaux consistent en des opérations de transformation d'un type d'information à une autre, ordonnées en série de modules (modularité). Par exemple, pour percevoir un objet, nous commençons par décoder les différentes caractéristiques de l'objet (taille, couleur, texture) puis nous en réalisons la synthèse en vue de dégager une interprétation cohérente de l'objet en question.

Pour les connexionnistes, on ne peut appréhender la pensée sans prendre en compte la structure neuronale du cerveau. La conception en série du traitement de l'information n'est pas compatible avec la rapidité avec laquelle nous sommes capables de traiter l'information. Les connexionnistes refusent donc la notion de modularité et conçoivent davantage la pensée comme le résultat de l'activité d'un immense réseau comme celui constitué par les millions de neurones du cerveau humain.

Dans cette optique, une idée émerge suite à l'activation simultanée de réseaux de neurones distribués et non localisés dans certaines parties du cerveau. Les différents aspects de l'information sont traités en même temps par des neurones dits « formels ». Selon les tenants

du connexionnisme, les représentations subsymboliques (de niveau inférieur) émergent de l'activité d'un réseau neuronal formel. »

Annie Bertrand et Pierre-Henri Garnier, *Psychologie cognitive*, coll « Principes », 2005 à la p 62

Système expert / Expert System

Très en vogue dans les années 1980, les systèmes experts consistent à modéliser numériquement une expertise métier afin d'effectuer des tâches précises dans un domaine de connaissances technique. Ils sont constitués d'une base de connaissances contenant une représentation formalisée des connaissances d'un domaine d'expertise donné. Il s'agit de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert humain dans un domaine particulier afin de fonder une aide à la décision automatisée dans l'industrie. C'est donc un (autre) domaine d'application – à savoir l'aide à la décision – qui bénéficie des avancées fulgurantes en matière d'intelligence artificielle.

- « **Définition.** Système à base de connaissances conçu pour remplacer l'expertise des spécialistes dans un domaine donné.

Notes. Les systèmes experts sont constitués d'une base de connaissances contenant une représentation formalisée des connaissances d'un domaine. Il revient au cognicien de colliger celles-ci auprès d'experts et de les formaliser en langage de représentation.

Les systèmes experts sont notamment employés dans les domaines de la médecine, de la finance, de l'assurance et de la réparation d'équipement. »

Office québécois de la langue française, *Fiche terminologique*, « système expert », 2017, en ligne : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8368220

- « Expert systems were based on the notion that expert knowledge in any area was comprised of a set of rules. It was believed that by determining the rules an expert in a particular domain uses and replicating these rules in a system, the system would replicate expert behavior in that domain. These systems were and are still widely used in the biotechnology sector today to identify diseases in people. However, such systems were inflexible and brittle – they were unable to replicate human cognition across different case scenarios as they were limited to the preexisting set of defined rules, and whenever faced with a scenario which bent these rules, expert systems would fail.

The difficulties faced by expert systems highlighted the need for systems to be able to fall back on details of experience, detect similar cases, make decisions on which case was relevant, and apply existing knowledge. These systems would need to be able to identify similarities between recurring tough problems to create new cases and scenarios, as well as update their existing sets of rules. These systems needed to enable machines to « learn » from their experiences. This realization gave birth to the now widely used term of « machine learning »; a coming together of statistics, fuzzy logic, knowledge acquisition, artificial intelligence, databases, data mining, computer science, and neuroscience back in 1987 and 1989... »

Amy Shi-Nash et David R Hardoon, « Data analytics and predictive analytics in the era of Big Data » dans Hwaiyu Geng, dir, *Internet of Things and Data Analytics Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., 2017, 329 à la p 330.

- « Pour l'utilisateur final, le donneur d'ordre, un système-expert est un *logiciel remplaçant un expert dans un domaine précis*.

Nous considérerons les termes **système-expert** (SE) et **système à base de connaissances** (SBC) comme sensiblement équivalents, le premier désignant souvent des produits plus intensifs ou plus pointus, le second des produits plus extensifs. »

Louis Frécon et Okba Kazar, *Manuel d'intelligence artificielle*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009 à la p 405.

- « Expert systems are built to solve a wide range of problems in domains such as medicine, mathematics, engineering, chemistry, geology, computer science, business, law, defense, and education. (...)

[In a typical expert system, the user] interacts with the system through a *user interface* that simplifies communication and hides much of the complexity, such as the internal structure of the rule base. Expert system interfaces employ a variety of user styles, including question-and-answer, menu-driven, or graphics interfaces. The final decision on the interface type is a compromise between user needs and the requirements of the knowledge base and inferencing system. »

George F Luger, *Artificial Intelligence. Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, 4e éd, Addison Wesley, 2002 aux pp 248–249.

- « Expert systems were the most important AI technology of the 1980s (Hayes-Roth *et al.*, 1983). An expert system is one that is capable of solving problems or giving advice in some knowledge-rich domain (Jackson, 1986). A classic example of an expert system is MYCIN, which was intended to assist physicians in the treatment of blood infections in humans. (...)

In summary, the main differences between agents and expert systems are as follows:

- 'classic' expert systems are disembodied – they are not coupled to any environment in which they act, but rather act through a user as a 'middleman';
- expert systems are not generally capable of reactive, proactive behavior; and
- expert systems are not generally equipped with social ability, in the sense of cooperation, coordination, and negotiation.

Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2001 à la p 27.

- « **Expert systems** (ES's) are programs, usually confined to a specific field, that attempt to emulate the behavior of human experts.

The following are typical attributes of an ES:

1. Knowledge is usually represented in declarative form to enable easy reading and modification. Most ES's use IF-THEN structures for representation; thus, rule-based ES's predominate.
2. There is a clear structure to the knowledge representation (excluding neural expert systems).
3. There is a clear distinction between the knowledge representation and the control or manipulation mechanism. Often, the control mechanism is itself rule-based (using meta-rules, Chapter 19).
4. A significant user I/O interface, to allow query, advice, explanation, and interaction with the ES is provided.
5. A user knowledge-acquisition or knowledge-modification module is often provided for extension of the ES. »

Robert J Schalkoff, *Artificial Intelligence. An Engineering Approach*, McGraw-Hill, 1990 aux pp 359–360.

- « An expert system is a computing system capable of representing and reasoning about some knowledge-rich domain, such as internal medicine or geology, with a view to solving problems or giving advice. »

Peter Jackson, *Introduction to Expert Systems*, Wokingham (UK), Addison, 1986 à la p 1.

- « Expert systems are among the most exciting computer applications to emerge in the last decade. They allow a computer program to use expertise to assist in a variety of problems such as diagnosing failures in complex systems and designing new equipment. Using artificial intelligence (AI) work on problem solving, they have become a commercially successful demonstration of the power of AI techniques. Correspondingly, by testing current AI methods in applied contexts, expert systems provide important feedback about the strengths and limitations of those methods. (...)

Expert systems are distinguished from conventional programs in several important respects. Although none of the characteristics in the following list are missing entirely from other well-designed software, all of them together describe a distinct class of programs. Note that few expert systems exhibit all of the following five desiderata to the same degree. An expert system is a computer program that:

- a. *Reasons with domain-specific knowledge that is symbolic* as well as numerical (this is what we mean by calling an expert system a knowledge-based system).
- b. *Uses domain-specific methods that are heuristic* (plausible) as well as following procedures that are algorithmic (certain).
- c. *Performs well* in its problem area.
- d. *Explains* or makes understandable both what it knows and the reasons for its answers.
- e. *Retains flexibility*.

Bruce G Buchanan et Reid G Smith, « Chapter XVIII. Fundamentals of Expert Systems » dans Avron Barr, Paul R Cohen et Edward A Feigenbaum, dir, *The Handbook of Artificial Intelligence*, vol IV, Addison-Wesley, 1989, 149 à la p 151

- « Recent developments in « applied AI » - so called « expert systems» - depend on the discovery that many domains may be treated as micro-worlds, at least for certain decision-making purposes. Several things are required to make this practical:
 1. The relevant decisions must depend entirely on a well-defined (and not too large) set of variables or factors.
 2. The values of those variables must be known (or discoverable), and there must be a way to specify or express them articulately.
 3. The exact way in which the results (decisions) depend on the values of the variables must be known and « computable, » at least to a decent approximation.
 4. The interrelations among the factors in determining the result should be complex enough to make the project worth the effort.

These conditions are stringent and rule out the bulk of ordinary life; but some specialized, technical domains fill the bill nicely, including:

1. Diagnosis (and recommended chemotherapy) for certain classes of infectious disease. Classic symptoms, standard blood tests, etc., constitute the input factors, while various bits of medical lore provide the known dependencies.
2. Geological analysis of bore samples from drill rigs for determining types of strata and estimating the likelihood of petroleum deposits.
3. Optimizing microscopic layouts and dimensions for integrated circuit chips, subject to constraints imposed by heat dissipation, propagation delays, interference between adjacent channels, etc.

These particular domains happen to have enough economic value to command research and development resources; but surely other areas will emerge, when costs come down.

Expert systems, while obviously important in practical terms, should not be confused with GOFAI or cognitive science. They are designed only to get a carefully limited job done; hence the theoretical shortcomings of micro-worlds can't bother them. By the same token, however, they have little or nothing to contribute to our understanding of common sense or general intelligence. »

John Haugeland, *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge, MIT Press, 1985 aux pp 193-194.

Systeme multi-agent (SMA)

Un système multi-agent (SMA) se compose d'un ensemble d'agents (voir *supra*) interagissant entre eux et dans un environnement commun. Lorsque le nombre d'agents est inférieur à trois, on parle davantage d'interaction homme/machine ou machine/machine. L'intelligence artificielle est une des disciplines contribuant à l'élaboration de systèmes multi-agent (SMA), à côté de la théorie des Jeux, du génie logiciel ou encore de la science des organisations.

- « Cette technologie est principalement utilisée pour trois familles d'applications : la prise de décision décentralisée, la simulation de systèmes complexes avec de nombreux composants/comportements en interaction, et plus largement l'intégration et la coopération de systèmes intelligents dans un cadre ouvert et décentralisé, par exemple pour la

négociation entre entités antagonistes. Ces trois familles s'illustrent dans de multiples domaines tels que l'Internet des objets, la santé, les jeux, la gestion intelligente de l'énergie, la production flexible dans l'industrie du futur, les villes intelligentes, le transport, etc. »

France Intelligence Artificielle (FranceIA), *Rapport de synthèse. France Intelligence Artificielle. Groupes de travail*, à la p 96, en ligne : https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/86/1/Conclusions_Groupes_Travail_France_IA_738861.pdf

- « Multi-agent systems are an important paradigm concerned with the analysis and development of sophisticated artificial intelligence problems with many existing and potential industrial and commercial applications. Examples of such application areas are: electronic commerce; information management; automated meeting scheduling; electronic entertainment and; healthcare services. »

Elena Sánchez-Nielsen, Antonio Padrón-Ferrer et Francisco Marreo-Estévez, « A Multi-agent System for Incident Management Solutions on IT Infrastructures » dans Jose A Lozano, José A Gámez et José A Moreno, dir, *Advances in Artificial Intelligence. 14th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence, CAEPIA 2011, La Laguna, Spain, November 7-11, 2011, proceedings*, Berlin, Springer, 2011, 22 à la p 22, en ligne : https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-25274-7_3.pdf

- « Les Systèmes Multi-Agents (SMA), bâtis à partir d'agents plus simples, peuvent incarner telle ou telle application interactive. Les SMA sont idéaux pour traiter des problèmes possédant de multiples méthodes de résolution, de multiples perspectives.

27.1.1 Intérêt

Au confluent de plusieurs domaines scientifiques, les SMA s'appuient sur les techniques de l'informatique répartie et du génie logiciel, et proposent une approche intelligence artificielle/vie artificielle s'inspirant de la sociologie, de la psychologie sociale, des sciences cognitives. (...)

27.1.2 Architecture d'agent

Les deux objectifs majeurs de recherche dans le domaine des SMA sont l'analyse et la simulation de systèmes distribués permettant de :

- modéliser, expliquer et simuler des phénomènes naturels collectifs,
- réaliser des systèmes informatiques complexes. »

Louis Frécon et OkbaKazar, *Manuel d'intelligence artificielle*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009, aux pp 603-604.

- « The idea of a multiagent system is very simple. An agent is a computer system that is capable of *independent* action on behalf of its user or owner. In other words, an agent can figure out for itself what it needs to do in order to satisfy its design objectives, rather than having to be told explicitly what to do at any given moment. A multiagent system is one that consists of a number of agents, which *interact* with one another, typically by exchanging messages through some computer network infrastructure. In the most general case, the agents in a multiagent system will be representing or acting on behalf of users or owners with very different goals and motivations. In order to successfully interact, these agents will thus require the ability to

cooperate, coordinate, and negotiate with each other, in much the same way that we cooperate, coordinate, and negotiate with other people in our everyday lives. »

Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2001 à la p 3.

- « The study of multiagent systems began in the field of distributed artificial intelligence (DAI) about 20 years ago. (...) »

A key pattern of interaction in multiagent systems is goal- and task-oriented coordination, both in cooperative and in competitive situations. In the case of cooperation several agents try to combine their efforts to accomplish as a group what the individuals cannot, and in the case of competition several agents try to get what only some of them can have. The long-term goal of DAI is to develop mechanisms and methods that enable agents to interact as well as humans (or even better), and to understand interaction among intelligent entities whether they are computational, human, or both. »

Gerhard Weiss, dir, *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Cambridge/London, MIT Press, 1999, aux pp xxi et 1.

- « **Définition:** *On appelle système multi-agent (ou SMA), un système composé des éléments suivants:*

1. *Un environnement E, c'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique.*
2. *Un ensemble d'objets O. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que, pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.*
3. *Un ensemble A d'agents, qui sont des objets particuliers ($A \subseteq O$), lesquels représentent les entités actives du système.*
4. *Un ensemble de relations R qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.*
5. *Un ensemble d'opérations Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O.*
6. *Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers (cf. chap. 4).*

Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Paris, InterEditions, 1995 à la p 15.

« Pour qu'un système puisse être considéré comme un système multi-agent, il faut :

1. qu'il dispose d'agents autonomes fonctionnant en parallèle et cherchant à satisfaire un but ou une fonction de satisfaction (ce que nous appellerons des tendances au chapitre 5);
2. que ces agents possèdent un mécanisme d'interaction de haut niveau indépendant du problème à résoudre (protocoles de communications ou mécanismes d'interaction avec l'environnement). »

Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Paris, InterEditions, 1995 à la p 63.