

GLOSSAIRE

> **Algorithme**

Suite précise d'instructions permettant d'obtenir un résultat en un nombre fini d'étapes. Un algorithme reçoit des données à traiter (nombres, textes, etc.); les données peuvent affecter le cours des instructions. Le mot vient du vieux espagnol *alguarismo*, lui-même issu d'un mot arabe signifiant « celui de Huwārizm », surnom du mathématicien persan Muhammad Ibn Mūsā al-Khūwārizmī, introducteur de l'algèbre dans l'Europe médiévale.

> **Apprentissage automatique (ou statistique)**

Approche de l'IA visant à tirer des généralités plausibles

à partir d'un très grand nombre d'observations. L'algorithme apprend la tâche qui lui a été assignée par « essais et erreurs » avant de se débrouiller seul.

> **Apprentissage profond**

Sous-catégorie de l'apprentissage automatique, caractérisée par des réseaux de neurones artificiels organisés en différentes couches, échangeant les uns avec les autres (voir pages suivantes).

> **Connexionniste**

Se dit de l'approche qui utilise les réseaux de neurones, offrant une voie différente de l'approche symbolique.

> **Hivers de l'IA**

Phases pendant lesquelles se manifestent un désintérêt et une baisse des financements pour l'intelligence artificielle. Le premier survient au début des années 1970 et le second à la fin des années 1980: dans les deux cas, les résultats s'avéraient très inférieurs aux promesses.

> **Jeu d'échecs**

Pour les mécanismes intellectuels supposés formalisables qui régissent sa pratique, ce jeu a longtemps inspiré les chercheurs en informatique. Selon le mathématicien russe Alexandre Kronrod, il a été aux informaticiens ce que la drosophile fut aux généticiens!



© Frédéric Lenoir/Getty Images

> **Perceptron**

Conçue pour la reconnaissance d'images et financée par la marine américaine, c'est la première véritable machine connexionniste (photo).

> **Réseau de neurones**

Algorithme inspiré du fonctionnement collectif des cellules de notre système nerveux (voir pages suivantes).

7

Frank Rosenblatt conçoit le perceptron, un réseau de neurones archétypique du connexionnisme selon lequel l'intelligence (et d'autres phénomènes mentaux) naît des connexions d'éléments de base, simples et nombreux, comme les neurones du cerveau.

1962

1964

Le programme Eliza, de Joseph Weizenbaum, piège plusieurs utilisateurs qui croient communiquer avec un être humain. C'est le premier agent conversationnel.

Le livre *Perceptrons*, de Marvin Minsky et Seymour Papert, stoppe les recherches sur le connexionnisme.

1969

1972

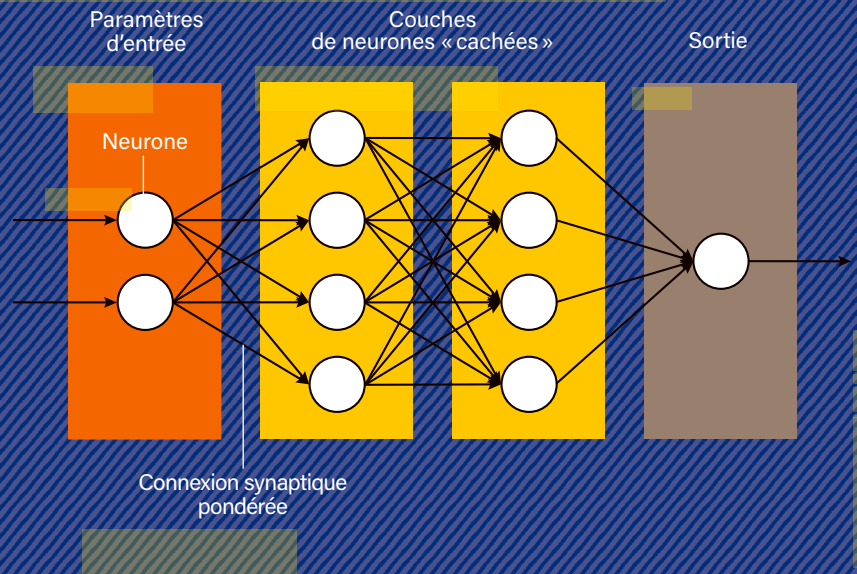
Création du langage de programmation Prolog, fondé sur la manipulation de règles logiques (c'est le computationnisme, l'approche logique de l'IA, qui s'oppose au connexionnisme).

L'IA, qui n'est pas à la hauteur des espoirs, est délaissée.

Fin des années 1970

Comment fonctionne un réseau de neurones

1 S'ils s'inspirent des cellules de notre système nerveux, les réseaux de neurones artificiels sont des algorithmes, et non des objets physiques. Ils représentent des nœuds, les « neurones », reliés entre eux par des « synapses ». Dans le cas de l'apprentissage profond, les neurones sont organisés en couches. Le nombre de couches et de neurones par couche dépend de la tâche à accomplir par le réseau : analyse d'images, de textes, de sons... Néanmoins, on ne sait pas encore très bien adapter le nombre et la largeur des couches en fonction de l'objectif recherché (voir *Théorie en voie de construction*, de K. Hartnett, page 68).



8

© Shutterstock/kill, is magic, Pour la Science

1982

John Hopfield imagine un nouveau type de réseau neuronal capable d'apprendre et de traiter de l'information. C'est le retour du connexionnisme.

1984

Douglas Lenat élabore Cyc, un projet d'IA reposant sur une base de connaissances générales et censé raisonner à la façon d'un être humain.

Fin des années 1980

Second hiver de l'IA au moment de l'apparition des premiers ordinateurs de bureau. Les grosses machines dédiées aux recherches sur l'IA n'ont plus la cote.

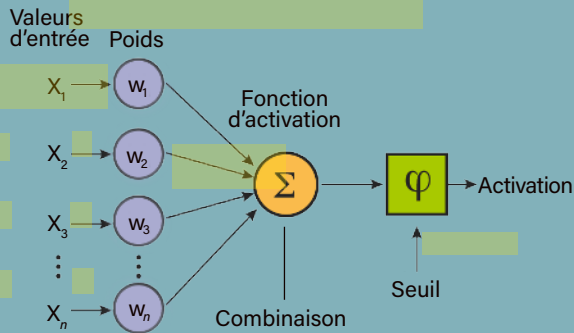
1997

Le 11 mai, Deep Blue, d'IBM, bat aux échecs le champion du monde en titre, Garry Kasparov.

Début des années 2000

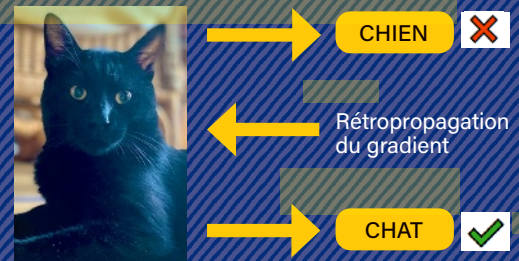
L'IA profite des progrès spectaculaires de l'informatique, notamment en ce qui concerne la puissance des ordinateurs.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN NEURONE ARTIFICIEL



- 2 Le signal d'entrée est envoyé aux neurones de la première couche, qui transmettent un signal à ceux de la suivante, etc. Au niveau de chaque neurone, les signaux issus de la couche précédente sont additionnés suivant une somme pondérée par les coefficients (ou poids) portés par les synapses, coefficients qui définissent la fonction d'activation. Laquelle est configurée grâce à une phase d'apprentissage du réseau.

- 3 On soumet des données en entrée du réseau, qui effectue un calcul et compare la solution obtenue à celle qu'on lui fournit. Exemple : s'il s'agit de reconnaître des images de chats, à chaque fois qu'on soumet au réseau une photo et qu'il se trompe, les pondérations synaptiques sont corrigées par une méthode mathématique nommée « rétropropagation du gradient ». Celle-ci s'appuie sur des outils statistiques pour calculer la variation d'une erreur au niveau d'un neurone, de la dernière couche vers la première. Après un certain nombre d'itérations, la fonction d'activation est alors correctement configurée pour que le réseau de neurones reconnaisse les images de chats avec un taux d'erreurs très faible.



Un robot de l'université Stanford conduit de manière autonome pendant plus de 200 kilomètres sur la piste d'un désert sans reconnaissance préalable.

2005

2006

Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton et Yann LeCun réussissent à entraîner des réseaux neuronaux « profonds », c'est-à-dire constitués de plus d'une couche de neurones artificiels.

2011

Le programme Watson, conçu par IBM, gagne au jeu télévisé Jeopardy contre les deux plus grands champions.

2016

AlphaGo, un logiciel conçu par la société Google DeepMind, bat Lee Sedol, champion du monde du jeu de go.

2017

AlphaGo se fait humilier au jeu de go (100 à 0) par... AlphaGo Zéro, le nouveau logiciel de Google DeepMind.

J'ai un problème: je ne sais pas trop ce qu'est l'intelligence artificielle

10

Serge Abiteboul
est directeur de recherche
à Inria et à l'ENS Paris



“ La créativité ? Les algorithmes en sont encore incapables

Peut-on dire que, plus que le jeu d'échecs, les réseaux de neurones ont dopé la recherche sur l'intelligence artificielle ?

Ce serait un peu du bourrage de crâne. Un système comme Deep Blue, d'IBM, qui a battu le champion du monde d'échecs Gary Kasparov en 1997, embarquait des années de recherches, le plus souvent développées pour autre chose. Toutes les techniques informatiques ont des applications considérables qui sont à l'œuvre tous les jours, qui marchent très bien et ont pour nom « gestion de données », « système d'exploitation », « compilateur », « communication numérique », « interface humain-machine », « calcul parallèle », « raisonnement logique », etc. Ce qu'on observe depuis une dizaine d'années, c'est l'arrivée d'algorithmes d'apprentissage automatique, qui ont obtenu des résultats superbes dans des domaines qui nous bloquaient jusque-là. Mais internet et votre téléphone portable fonctionnent en grande partie sans eux, même si on utilise de plus en plus l'apprentissage automatique, par exemple dans les assistants vocaux.

Pouvez-vous préciser l'apport de l'apprentissage automatique ?

Sur certains problèmes, les approches dites « symboliques », fondées sur le calcul et le raisonnement, ne progressaient presque plus. Je

pense notamment à des problèmes tout bêtes comme de distinguer l'image d'un chat de celle d'un chien, ou, plus intéressant, de reconnaître une tumeur cancéreuse. Et, assez soudainement, des techniques connues depuis longtemps et qui avaient souvent des résultats médiocres, les réseaux de neurones, se sont mises à fonctionner. La traduction automatique des langues, par exemple, s'est améliorée considérablement (*lire l'entretien avec Thierry Poibeau, page 24*). Avec l'apprentissage automatique et les méthodes statistiques, ainsi nommées parce qu'elles s'appuient sur de gros volumes d'informations, un logiciel apprend de données fournies par des humains, en observant son environnement, en simulant des situations, etc. Pour faire une analogie, vous pouvez apprendre à jouer au tarot parce que des amis vous en expliquent les règles, mais vous pouvez aussi vous former en regardant des joueurs. Souvent, les deux modes coexistent. On connaissait depuis des années des algorithmes pour faire apprendre aux machines, notamment les réseaux de neurones. Pourquoi tout à coup sont-ils devenus plus performants ?