

> entrée représentée par un vecteur de taille fixe, les réseaux neuronaux d'aujourd'hui peuvent traiter des entrées dont la taille est variable – listes, ensembles, arbres, graphes, etc.

Par ailleurs, certains algorithmes et architectures confèrent aux réseaux neuronaux un mécanisme dit d'attention diffuse, qui permet à chaque instant de focaliser le calcul sur un élément (ou un petit nombre d'éléments) de l'entrée qui est plus pertinent. Ces éléments peuvent être des positions dans une image, auquel cas on parle d'attention visuelle, des parties d'un graphe ou de tout autre ensemble d'éléments que l'ordinateur doit traiter.

Le mécanisme d'attention diffuse facilite l'entraînement du réseau neuronal et a été l'élément principal qui nous a permis d'obtenir une percée en traduction automatique, à partir de 2014-2015. On retrouve maintenant un tel système dans Google Translate, avec une qualité de traduction de loin supérieure à ce qui existait auparavant.

L'attention diffuse intervient aussi dans l'exploration moderne de mécanismes appris de raisonnement. Les chercheurs en apprentissage profond considèrent aujourd'hui le raisonnement comme une façon de combiner séquentiellement plusieurs éléments (des faits) afin de parvenir à une conclusion (un fait inféré ou déduit). Le mécanisme de raisonnement (par exemple, une règle d'inférence du type: « Si A et B, alors C ») lui-même n'est pas fixé d'avance, mais est appris par la machine, de façon à pouvoir résoudre les problèmes qui lui sont soumis et dont la solution exige un raisonnement.

APPRENTISSAGE NON SUPERVISÉ

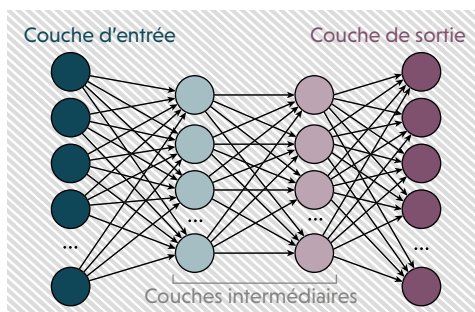
Pour s'approcher de l'intelligence humaine, il faudra découvrir des mécanismes d'apprentissage grâce auxquels la machine pourra réellement comprendre les rouages profonds de son environnement. Or il est impossible de compter sur les humains pour fournir une interprétation sémantique de toutes les données utilisées pour entraîner la machine. C'est pourquoi les chercheurs s'éloignent du cadre classique de l'apprentissage supervisé et se mettent à combiner apprentissage non supervisé et apprentissage « par renforcement ».

Dans l'apprentissage profond non supervisé, on fournit à la machine un ensemble de données ou d'exemples sans lui spécifier le résultat qu'elle doit assigner à chacun d'eux: l'algorithme doit permettre au système de classer de lui-même ces données (par exemple, à partir de nombreuses images de véhicules présentées lors de l'apprentissage, la machine pourra déterminer, sur une nouvelle image, si l'objet représenté est un véhicule ou quelque chose d'une autre nature).

Les chercheurs s'intéressent particulièrement à l'apprentissage profond non supervisé et « génératif », où l'ordinateur peut créer

RÉSEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS

Les réseaux de neurones artificiels sont des systèmes, étudiés dès la fin des années 1940, qui s'inspirent des propriétés des neurones biologiques et de leurs connexions.



aléatoirement de nouvelles données intéressantes, par exemple synthétiser de nouvelles images, de nouveaux sons, de nouvelles phrases. La tâche d'un tel ordinateur-artiste n'est pas aisée: il ne suffit pas de produire des pixels au hasard, ces pixels doivent être organisés d'une façon qui soit plausible, qui puisse, par exemple, correspondre à une image naturelle.

Quant à la démarche dite d'apprentissage par renforcement, elle consiste à apprendre à produire une séquence d'actions qui maximisent un ou plusieurs objectifs ou récompenses futures. C'est ainsi que, par exemple, l'enfant apprend une physique intuitive sans l'aide de ses parents, en jouant, en observant et en interagissant avec son environnement.

L'apprentissage non supervisé et par renforcement permettra peut-être à une machine de bien se représenter le monde qui l'entoure (c'est-à-dire de le comprendre) et ainsi de mieux planifier ses actions. Il est difficile d'évaluer le chemin qui reste à parcourir pour atteindre un tel niveau d'intelligence artificielle. Mais ce qui est sûr, c'est que de nombreuses applications utiles seront possibles dès demain grâce aux techniques d'apprentissage profond que nous connaissons déjà (d'où l'engouement de nombreuses entreprises pour ce domaine). Et que ces potentialités seront plus énormes encore quand les recherches fondamentales déboucheront sur de l'intelligence artificielle comparable à celle d'un humain. ■

Un neurone artificiel peut être un composant logiciel ou un composant matériel. À partir des signaux numériques qu'il reçoit d'autres neurones, il calcule, selon des règles simples, un résultat qu'il transmet aux neurones suivants. Ce signal est lui-même pondéré par la « force » – on dit aussi le « poids » – de la connexion par laquelle il passe.

Typiquement, un réseau neuronal est constitué d'une couche de neurones d'entrée, d'une couche de sortie et d'une ou plusieurs couches intermédiaires ou « cachées » (jusqu'à plusieurs centaines dans les réseaux profonds). Les neurones d'entrée recueillent les données (par exemple les valeurs des pixels d'une image), ceux de sortie transmettent un résultat (qui code par exemple le type d'objet que le réseau a reconnu dans l'image).

Dans le processus d'apprentissage, où un grand nombre d'exemples sont présentés au réseau, les poids des connexions sont modifiés peu à peu selon un algorithme approprié, afin d'obtenir des performances optimales de reconnaissance.

ABONNEZ-VOUS À **POUR LA SCIENCE**

OFFRE
SPÉCIALE

40
ANS

FORMULE
INTÉGRALE
-46%



FORMULE
PASSION
-33%



FORMULE
DÉCOUVERTE
-33%



EN CADEAU AVEC VOTRE ABONNEMENT LE LIVRE "RELATIVITÉ ET QUANTA : UNE NOUVELLE RÉVOLUTION SCIENTIFIQUE..."

LHC, particules, trous noirs, cosmologie... Enfin un point clair et concis sur la dernière révolution scientifique ! Ces trois dernières années, les moissons scientifiques ont été exceptionnellement fructueuses, de la découverte du boson de Higgs à celles des ondes gravitationnelles émises lors de la coalescence de deux trous noirs massifs, et aux observations du fond cosmologique par le satellite Planck. L'humanité vient alors d'atteindre un nouveau palier dans la compréhension du monde quantique et du monde de la gravitation : nos bases théoriques, expérimentales et technologiques forment un socle scientifique solide pour aller plus loin et tenter de répondre aux nouvelles questions qui surgissent suite à ces découvertes... Enquête et mise au point sur une révolution en cours.

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☐ **OUI**, JE M'ABONNE À **POUR LA SCIENCE** POUR 1 AN,
JE CHOISIS MA FORMULE CI-DESSOUS :

☐ FORMULE **INTÉGRALE**

12 n° de *Pour la Science*
+ 4 Hors-Séries
+ Accès illimité aux archives en ligne depuis 1996
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

11A99EK4

99€

Au lieu de 183,45€*

☐ FORMULE **PASSION**

12 n° de *Pour la Science*
+ 4 Hors-Séries
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

PTA79EK2

79€

Au lieu de 118,45€*

☐ FORMULE **DÉCOUVERTE**

12 n° de *Pour la Science*
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

D1A59EK2

59€

Au lieu de 88,45€*

J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Téléphone : _____

• Mon e-mail : (à remplir en majuscule) _____
@ _____

J'accepte de recevoir les informations de *Pour la Science* ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

• Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Par carte bancaire

N° _____

Date d'expiration : _____ Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB) : _____

Signature obligatoire

* Par rapport au prix de vente en kiosque, l'accès numérique aux archives et la valeur du livre. Vous pouvez également si vous le souhaitez acquérir séparément le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..." au prix de 10€, chaque n° de *Pour la Science* au tarif de 6,50€, notre n° spécial au tarif de 6,95€ et nos hors-séries au tarif de 7,50€. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/03/2018 en France métropolitaine uniquement et dans la limite des stocks disponibles. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à *Pour la Science*. Photos non contractuelles.