

Si vous passez beaucoup de temps avec de jeunes enfants, vous êtes sans doute émerveillé par leur capacité à apprendre et par la rapidité de cet apprentissage, et vous vous demandez comment cela est possible. Les philosophes, à commencer par Platon, se sont également posé la question, sans trouver de réponse satisfaisante. Mon petit-fils de 5 ans, Augie, a acquis des connaissances sur les plantes, les animaux et les horloges, sans parler des dinosaures et des vaisseaux spatiaux. Il est également capable de deviner ce que d'autres personnes veulent, ce qu'elles pensent et ce qu'elles ressentent. Il peut utiliser ces connaissances pour classer ce qu'il voit et entend, et faire de nouvelles prédictions.

Par exemple, Augie a dernièrement proclamé que l'espèce de titanosaure récemment découverte et exposée au Muséum américain d'histoire naturelle à New York est un herbivore, et que cet animal n'est donc pas si effrayant que cela.

Et pourtant, pour l'essentiel, Augie ne reçoit de son environnement que des photons venant frapper la rétine de ses yeux et des vibrations de l'air atteignant le tympan de ses oreilles. À partir de ces informations, son cerveau parvient d'une façon ou d'une autre à faire des prédictions sur les titanosaures herbivores.

Des ordinateurs électroniques pourraient-ils en faire autant? Depuis une quinzaine d'années, des informaticiens et des psychologues essaient de trouver une réponse. Comprendre comment fonctionne le cerveau des enfants pour ensuite en créer une version logicielle qui fonctionne aussi bien reste un défi pour les informaticiens. Mais entre-temps, ils commencent à développer des intelligences artificielles qui incorporent une partie de ce qu'on sait des mécanismes d'apprentissage chez les humains.

Passé l'enthousiasme des années 1950 et 1960, le domaine de l'intelligence artificielle a longtemps stagné. Mais il a connu ces dernières années des progrès remarquables, en particulier dans le domaine de l'apprentissage automatique. De nombreuses prédictions utopistes ou apocalyptiques ont émergé concernant la signification de ces avancées. Selon les points de vue, optimistes ou pessimistes, on imagine que ces développements annoncent, par exemple, l'immortalité ou la fin du monde...

Si ces progrès de l'intelligence artificielle suscitent des sentiments aussi intenses, c'est peut-être à cause de la crainte profonde que nous inspire le «presque humain». L'idée que des créatures pourraient faire se rejoindre l'humain et l'artificiel a toujours profondément troublé, du golem médiéval au monstre de Frankenstein et à Ava, la très sexy androïde fatale du film *Ex machina*.

Mais l'apprentissage des ordinateurs se rapproche-t-il vraiment de celui des humains? Les

détails de la façon dont un ordinateur apprend à reconnaître, par exemple, un chat, un mot parlé ou un caractère japonais peuvent être difficiles à suivre. Cependant, à y regarder de plus près, les idées de base derrière l'apprentissage automatique ne sont pas aussi déroutantes qu'il y paraît.

UNE APPROCHE ASCENDANTE

L'une des approches pour un tel apprentissage consiste à s'appuyer sur le flux de photons et de vibrations de l'air qu'Augie, comme nous tous, reçoit, et qui atteint l'ordinateur sous forme de pixels d'une image numérisée ou d'échantillons d'un enregistrement sonore. L'ordinateur essaie alors de repérer dans les données numériques une série de motifs permettant d'identifier des objets du monde qui nous entoure. Cette approche est dite ascendante (*bottom-up*, «du bas en haut»).

Dans les années 1980, les scientifiques ont trouvé d'ingénieuses méthodes ascendantes permettant à des ordinateurs de repérer des motifs porteurs de sens dans les données. Les systèmes «connexionnistes» ou «réseaux neuronaux» s'inspirent de la façon dont les neurones convertissent les motifs lumineux, formés au niveau de la rétine, en représentations du monde extérieur. Un réseau neuronal utilise des éléments de traitement interconnectés, analogues à des cellules biologiques, pour transformer les pixels fournis à une couche du

Créer un système logiciel qui apprend aussi bien qu'un enfant reste un défi pour l'informatique

réseau en représentations de plus en plus abstraites (un nez ou un visage entier, par exemple) à mesure que les données sont traitées dans des couches de niveau supérieur.

Les idées des réseaux neuronaux ont récemment connu un fort renouveau avec un ensemble de nouvelles techniques qualifiées d'«apprentissage profond». Cette renaissance a notamment été favorisée par la puissance croissante des ordinateurs et la disponibilité de très grandes masses de données. Avec de meilleures capacités de traitement et davantage de

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE RENAÎT PAR DEUX VOIES

Des problèmes que des jeunes enfants d'environ 5 ans résolvent avec facilité peuvent mettre en échec les ordinateurs les plus puissants. Les performances

des intelligences artificielles se sont cependant énormément améliorées ces dernières années.

La clé de cet essor réside dans des méthodes d'apprentissage automatique qui s'apparentent aux processus cognitifs mis en œuvre dans l'apprentissage des jeunes enfants.

Dans l'une des approches adoptées, la machine reconnaît par exemple la lettre A à partir d'information sensorielle brute ; c'est l'approche ascendante, du bas vers le haut.

Dans l'autre approche, la machine fait une hypothèse fondée sur des connaissances préexistantes (approche descendante, du haut vers le bas).

L'apprentissage des jeunes enfants semble combiner les avantages des deux approches.

DES STRATÉGIES OPPOSÉES

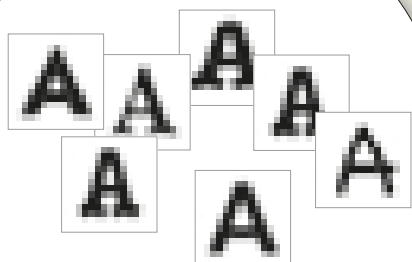
APPROCHE ASCENDANTE (APPRENTISSAGE DISTRIBUÉ OU NEURONAL)

Des exemples de la lettre A apprennent à un ordinateur à distinguer les motifs de pixels clairs et foncés pour diverses versions de la lettre. Puis, quand la machine reçoit une nouvelle entrée, elle évalue si ces pixels correspondent à la configuration de la base d'apprentissage, auquel cas la lettre est reconnue comme un A. L'apprentissage profond est une version plus complexe de cette approche.

Sortie : Pixel par pixel, le motif d'entrée ressemble aux données brutes de la base d'apprentissage. C'est donc un A

Entrée

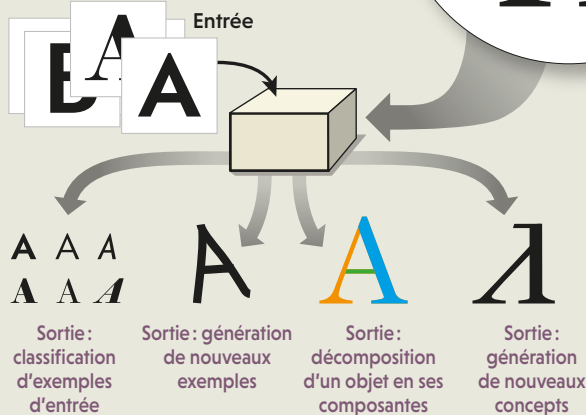
On entraîne le système avec des données brutes (c'est-à-dire des pixels)



APPROCHE DESCENDANTE (MÉTHODES BAYÉSIENNES)

Un exemple unique de la lettre A suffit pour reconnaître des exemplaires similaires quand on utilise les méthodes bayésiennes. La machine construit un modèle de A à partir de sa propre bibliothèque interne de « pièces détachées » : un caractère constitué d'un angle aigu joint par une barre transversale. Ce modèle sert à identifier des versions légèrement différentes de la lettre ou à la modifier de diverses façons.

Entrée



Le système est amorcé avec un seul exemple d'un nouveau concept, ce qui suffit pour tout un éventail de tâches



données à disposition, les systèmes connexionnistes parviennent à apprendre beaucoup plus efficacement qu'on ne l'avait envisagé jadis.

Au fil des années, les spécialistes de l'apprentissage des machines ont hésité entre donner la préférence à ces types de solutions ascendantes ou favoriser des approches descendantes. Ces dernières utilisent ce qu'un système sait déjà pour l'aider à apprendre quelque chose de nouveau. Platon, et à sa suite les philosophes rationalistes tels que René Descartes, croyait en une approche descendante (*top-down*, «de haut en bas») de l'apprentissage, et cela a joué un rôle important aux débuts de l'intelligence artificielle. Dans les années 2000, ces méthodes ont également connu leur renaissance sous la forme de la modélisation probabiliste, ou bayésienne.

À l'instar des scientifiques, les systèmes descendants commencent par formuler des hypothèses abstraites et larges sur le monde.

Ils font ensuite des prédictions sur l'allure que devraient avoir les données si ces hypothèses sont correctes. Et comme des scientifiques, les systèmes révisent leurs hypothèses en fonction de l'écart entre les prédictions et les données réelles.

NIGERIA, VIAGRA ET SPAMS

Les méthodes ascendantes étant peut-être les plus faciles à comprendre, examinons-les en premier. Supposons que vous vous vouliez que votre ordinateur sépare les messages importants des spams qui arrivent dans votre messagerie électronique. Vous pourriez remarquer que les spams ont souvent des traits caractéristiques : une longue liste de destinataires, un expéditeur situé au Nigeria ou en Bulgarie, des références à des gains de un million de dollars ou au Viagra...

Cependant, des messages parfaitement légitimes ont parfois la même apparence. Si vous comparez un nombre suffisant de spams avec ➤