

> chez l'enfant. C'est pourquoi, depuis quinze ans, mes collègues et moi utilisons les modèles bayésiens dans nos travaux sur le développement des enfants. Notre laboratoire et d'autres ont utilisé ces techniques pour comprendre comment les enfants apprennent les relations de cause à effet, et prédire comment et quand les jeunes changent de point de vue sur une conviction erronée.

Les méthodes bayésiennes sont également une excellente manière d'apprendre aux machines à apprendre comme les humains. En 2015, Joshua Tenenbaum, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), Brenden Lake, de l'université de New York, et leurs collègues ont publié une étude dans laquelle ils ont mis au point un système d'intelligence artificielle capable de reconnaître des caractères manuscrits inhabituels, une tâche simple pour les humains mais extrêmement ardue pour les ordinateurs.

Pensez un instant à vos propres capacités de reconnaissance. Même si vous n'avez jamais vu un caractère sur un rouleau japonais, vous saurez sans doute dire s'il s'agit du même ou d'un autre que sur le rouleau voisin. Vous saurez probablement le dessiner, et même concevoir un faux caractère japonais, et également comprendre que son allure est très différente de celle d'un caractère coréen ou russe. C'est exactement ce que le logiciel de l'équipe de Joshua Tenenbaum est parvenue à faire.

Dans une méthode ascendante, on présenterait à l'ordinateur des milliers d'exemples, et il utiliserait les motifs repérés dans ces exemples pour identifier les nouveaux caractères. Au lieu de cela, le programme bayésien a donné à la machine un modèle général de tracé de caractère: par exemple, une barre peut aller vers la droite ou vers la gauche. Et une fois que le logiciel a terminé un caractère, il passe au suivant.

Quand le programme voyait un caractère donné, il pouvait inférer la séquence de traits nécessaire pour le tracer, et pouvait ensuite produire lui-même un jeu de traits similaire. Il le faisait de la même manière que j'ai inféré la série d'étapes qui avait conduit à mon message douteux envoyé par la pseudorevue. Au lieu d'évaluer la probabilité que ce message soit une escroquerie, le modèle de Tenenbaum devinait si une séquence particulière de traits avait des chances de donner le caractère souhaité. Ce programme descendant fonctionnait bien mieux que l'apprentissage profond appliqué aux mêmes données exactement, et il reproduisait assez fidèlement les performances des humains.

Ces deux approches majeures de l'apprentissage machine, ascendante et descendante, ont des forces et des faiblesses complémentaires. Avec la méthode ascendante, l'ordinateur n'a pas besoin d'avoir au départ la moindre compréhension de ce qu'est un chat, mais il a besoin de beaucoup de données. Le système bayésien, quant à lui, est capable d'apprendre à

partir de quelques exemples seulement, et il peut faire des généralisations plus larges. En revanche, cette approche descendante nécessite beaucoup de travail en amont pour articuler le bon jeu d'hypothèses. Et les concepteurs des deux types de systèmes peuvent rencontrer des obstacles similaires. L'une et l'autre approches ne fonctionnent que sur des problèmes relativement étroits et bien définis, comme la reconnaissance de caractères écrits ou de chats, ou les jeux sur console Atari.

LES ENFANTS EXPLOITENT LE MEILLEUR DES DEUX APPROCHES

Les enfants ne sont pas soumis aux mêmes contraintes. Les psychologues du développement ont trouvé que les jeunes combinent les meilleures qualités de chaque approche, ce qui les emmène beaucoup plus loin. Augie peut apprendre juste à partir d'un ou deux exemples, à la manière d'un système descendant. Mais il extrait aussi des corrélations à partir des données elles-mêmes, comme un système ascendant, et en déduit ainsi certaines idées qui n'étaient pas présentes initialement.

Augie a bien d'autres cordes à son arc. Il reconnaît immédiatement les chats et distingue les lettres, mais il peut également faire de nouvelles inférences créatives et étonnantes qui vont bien au-delà de son expérience ou de ses connaissances préalables. Il a récemment expliqué que si un adulte veut redevenir un enfant, il devrait essayer de ne pas manger de légumes sains, puisque ce sont eux qui font qu'un enfant grandit et devient adulte. Nous n'avons pratiquement aucune idée de la manière dont ce type de raisonnement créatif émerge.

Nous devrions nous rappeler les pouvoirs encore mystérieux de l'esprit humain quand nous entendons certains affirmer que l'intelligence artificielle est une menace existentielle. Intelligence artificielle et apprentissage automatique sont des termes qui font peur. Et à certains égards, cela est justifié – la recherche militaire travaille à utiliser ces systèmes pour commander des armes, par exemple.

Mais la stupidité naturelle peut faire plus de dégâts que l'intelligence artificielle, et nous autres humains devons faire preuve de beaucoup plus d'intelligence que nous avons pu le faire par le passé afin d'encadrer correctement ces nouvelles technologies. Même si les progrès de l'informatique résultent de l'augmentation de la puissance de calcul et des masses de données disponibles, plutôt que de révolutions conceptuelles dans notre compréhension de l'esprit, ils n'en peuvent pas moins avoir des conséquences pratiques capitales. Cela dit, nous n'avons pas de raisons de penser qu'un nouveau golem technologique est sur le point d'être lâché sur le monde. ■

BIBLIOGRAPHIE

Y. Bengio, **La révolution de l'apprentissage profond**, *Pour la Science* n° 465, juillet 2016.

A. Gopnik, **The Gardener and the Carpenter - What the new science of child development tells us about the relationship between parents and children**, Farrar, Straus and Giroux, 2016.

M. L. Brenden et al., **Human-level concept learning through probabilistic program induction**, *Science*, vol. 350, pp. 1332-1338, 2015.

A. Gopnik et al., **Bayesian networks, Bayesian learning and cognitive development**, *Developmental Science*, vol. 10(3), pp. 281-287, 2007.

OBSERVATOIRE DE PARIS

DIPLÔME D'UNIVERSITÉ

EN PRÉSENTIEL ET À DISTANCE

“EXPLORER ET COMPRENDRE L'UNIVERS”



Objectifs

L'Observatoire de Paris propose la préparation d'un diplôme d'Université permettant d'acquérir un panorama des connaissances actuelles et des recherches en cours en astronomie et en astrophysique auprès d'astronomes professionnels.

Publics concernés

Ces cours s'adressent à toutes les personnes passionnées d'astronomie et de niveau baccalauréat scientifique ou équivalent.

Les étudiants inscrits à l'université dans le cadre du LMD peuvent valider en ECTS sous réserve d'accord avec leur responsable pédagogique.

Contenu

Cette formation, de niveau L1, peut être suivie en présentiel et à distance sous forme de cours le mardi soir de 17h à 20h à l'Observatoire de Paris ou de cours filmés en différé.

Un stage pratique de traitement de données a lieu en mars à l'Observatoire de Meudon (en option et sous conditions ; nombre de places limité).

Un stage facultatif de 4 nuits d'observation a lieu l'été à l'Observatoire de Haute-Provence (en option et sous conditions ; nombre de places limité).

Les sujets abordés sont les suivants :

- ▶ Mécanique céleste et astrométrie
- ▶ Histoire de l'astronomie
- ▶ Ondes et instruments
- ▶ Le soleil
- ▶ Planétologie comparée
- ▶ Traitement de données
- ▶ Étoiles et milieu interstellaire
- ▶ Galaxies
- ▶ Cosmologie



Inscriptions

Dossiers à déposer avant le 8 septembre sur le site d'inscription en ligne : https://ufe.obspm.fr/candidatures_ufe

Renseignements

<http://ufe.obspm.fr/Diplomes-d-Universite/DU-en-presentiel>

contact.duecu@obspm.fr

Téléphone : 01.45.07.78.87