

clinique ne dépend pas forcément de l'anomalie génétique de la patiente. Dans l'approche personnalisée, la patiente est aussi orientée vers des études cliniques, sauf que le médicament qu'elle recevra sera choisi pour cibler son anomalie génétique. L'efficacité du médicament dépendra certes de son activité dans ce contexte et de la pertinence de la cible, mais cette patiente aurait de toute façon été orientée vers des thérapies ciblées testées en essais thérapeutiques.

PLS

A-t-on déjà des résultats encourageants avec la médecine personnalisée appliquée au cancer ?

F.A. : Il y a des résultats positifs, dans le sens où des patients résistants à tout traitement classique ont pu bénéficier de cette approche. Il est en revanche encore trop tôt pour mesu-

rer l'impact de la médecine personnalisée : le bénéfice sera-t-il minime ou important ? On sait malheureusement déjà qu'il risque d'être très modeste au départ, même s'il a de grandes chances de s'améliorer ensuite.

PLS

Quand aura-t-on une idée plus précise de ce que l'on peut attendre de cette approche ?

F.A. : Je pense que dans cinq ans, on y verra clair. Tout ne sera pas réglé, mais on connaîtra nos capacités à soigner par cette méthode-là, les bénéfices attendus et les perspectives d'amélioration de cette approche. Notamment, l'étude SAFIRO2, que nous avons lancée en 2013 en partenariat avec les laboratoires AstraZeneca, s'achèvera. Elle a pour objectif de tester l'efficacité de l'approche à grande échelle, sur des patients atteints d'un cancer du poumon ou du sein.

PLS

Selon vous, cette approche est-elle prometteuse ?

F.A. : La médecine personnalisée ne guérira pas les patients qui ont des métastases, mais elle va très certainement améliorer leur vie. Le fait qu'il soit possible d'analyser des milliers de gènes en quelques jours nous permet d'aborder le traitement anticancéreux d'une nouvelle façon. Au lieu de prédéfinir les gènes que l'on cherche, on fait l'inverse : on part sans *a priori*, on analyse tous les gènes et on cherche, dans le nuage d'anomalies génomiques, celles qu'il nous semble important de bloquer. Ce retournement de l'approche ne peut qu'être bénéfique. ■

Propos recueillis par
Marie-Neige CORDONNIER

L'information scientifique de référence maintenant sur tablette et smartphone !

Avec l'application « Pour la Science », retrouvez dès leur sortie le mensuel *Pour la Science* à 4,49 € et son hors-série trimestriel *Dossier Pour la Science* à 5,49 € en version numérique optimisée pour tablette : lecture intuitive, sommaire interactif, contenus enrichis, feuillement hors connexion, etc.

& Découvrez aussi l'application « Cerveau & Psycho ».

Disponible sur
App Store

Disponible sur
Google play



Flashez ce QR code avec votre mobile ou votre tablette pour télécharger immédiatement l'application.



Téléchargez gratuitement l'application sur App Store et Google Play. Un extrait du numéro en cours de parution vous est offert !



HOMO SAPIENS INFORMATICUS chronique de Gilles Dowek



Détecter un informaticien dans un dîner en ville

Le mode de pensée des informaticiens se distingue par le rôle central qu'y jouent les algorithmes.

Comment savoir, dans un dîner en ville, si le convive assis en face de vous est informaticien ou non ? Une manière de procéder consiste à lui poser cette question : « Comment savoir si une image contient ou non un cercle rouge ? » S'il répond que c'est facile, qu'il suffit de regarder l'image, etc., ce n'est pas un informaticien. Si, en revanche, il trouve la question embarrassante, répond que c'est sans doute possible, mais certainement difficile, etc., c'est presque sûrement un disciple d'Alan Turing et de Donald Knuth.

Cet algorithme de détection illustre au moins deux traits de la « pensée informatique », c'est-à-dire de la manière spécifique dont les informaticiens pensent les problèmes.

Tout d'abord, pour un informaticien, une question introduite par l'adverbe interrogatif *comment* appelle, en réponse, un algorithme. Comment savoir si un mot contient la lettre *a* ? Une façon de procéder est de comparer successivement chacune des lettres du mot à la lettre *a* jusqu'à soit trouver la lettre *a*, soit atteindre la fin du mot. La question « comment savoir si un mot contient deux fois la même lettre ? » est analogue, mais plus intéressante, car, en plus de l'algorithme naïf consistant à comparer chaque lettre à toutes les autres, on connaît un deuxième algorithme, plus rapide.

Qualifier de difficile la question « Comment savoir si une image contient un cercle rouge ? », c'est dire qu'il est difficile de

construire un algorithme pour décider si une image, par exemple donnée pixel par pixel, contient ou non un cercle rouge — beaucoup plus difficile, par exemple, que de construire un algorithme pour décider si un mot contient la lettre *a*, ou deux fois la même lettre.

Seconde caractéristique : dans la description d'un tel algorithme, un informaticien utilise des opérations telles que « comparer deux lettres », « comparer la couleur de deux pixels », etc. qui, en théorie, demanderaient à être décomposées

L'informaticien n'utilise pas d'opérations que nous savons exécuter tout en ignorant comment nous les exécutons.

en opérations plus élémentaires ; mais il n'utilise pas d'opérations que nous savons exécuter tout en ignorant comment nous les exécutons, par exemple déterminer si une image contient un cercle rouge ou attribuer un tableau à un peintre.

En effet, nous savons tous plus ou moins distinguer un Lorenzetti d'un Basquiat. Et, sauf à supposer que nous puissions exécuter un processus non algorithmique, il doit donc exister, quelque part dans un recoin de notre cerveau, la traduction biologique d'un algorithme qui distingue les Lorenzetti des Basquiat. Mais nous ignorons tout de cet algorithme : nous ne savons pas, par exemple, l'« expliquer » à un ordinateur.

C'est un vieux paradoxe : les ordinateurs font des choses qui nous semblent difficiles, comme multiplier des nombres de 12 chiffres, mais ils ne parviennent pas à faire des choses qui nous semblent faciles, comme distinguer un Lorenzetti d'un Basquiat. Ce qui est une évidence pour tout un chacun, car il peut exécuter une multitude d'algorithmes naturels, biologiquement codés dans son cerveau, sélectionnés par des millions d'années d'évolution et dont il ignore le fonctionnement, devient une énigme pour les informaticiens. C'est pourquoi les informaticiens portent sur le monde un regard émerveillé. Vous savez comment distinguer un Lorenzetti d'un Basquiat ? Eh bien, un informaticien, lui, ne sait pas.

Cette nouvelle définition de la connaissance, non comme faculté de résoudre un problème, mais d'expliquer comment on le résout, est peut-être propre à l'informatique. Mais il est plus vraisemblable que l'informatique soit uniquement, pour des raisons historiques faciles à comprendre, à l'avant-garde d'un mouvement réflexif plus vaste, qui valorise davantage les méthodes de résolution que les solutions elles-mêmes. Demain, on pensera peut-être qu'il n'est pas suffisant que les écoliers sachent quel est le pluriel des mots « souris » et « chacal », mais qu'il faut aussi qu'ils sachent expliquer l'algorithme donnant le pluriel d'un mot. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.



NOTO,
toute votre bibliothèque
avec vous, partout,
tout le temps.

Découvrez **NOTO**, la plateforme d'ouvrages interactifs. Grâce au code imprimé dans l'ouvrage, accédez à sa version numérique.

Profitez de toutes les possibilités offertes par **NOTO** : annoter, partager, archiver, travailler en mode online ou offline, grâce à l'application gratuite.

Une nouvelle façon d'enseigner et d'apprendre !

Vous souhaitez plus d'informations ? Contactez-nous : monavis@deboeck.com