

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, feuilletage hors connexion, etc.

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



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

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES par Gérald Bronner



Une justice sous influence

La justice est supposée être impartiale, mais elle est rendue par des juges notablement influencés, à leur insu, par leur environnement.

La justice est souvent représentée comme une femme tenant un glaive et une balance, dont le regard est dissimulé par un voile censé éviter que des éléments perturbateurs n'influencent son verdict. Il est naturel d'attendre de la justice qu'elle soit impartiale et indépendante. C'est une des demandes légitimes notamment des citoyens ayant la chance de vivre en démocratie. Seulement, dans ces mêmes démocraties, on ne cesse de l'accuser de ne pas toujours prendre des décisions équitables. Tel homme politique se considère comme harcelé, tel individu spolié.

Il est vrai que certains jugements peuvent laisser dubitatifs. Ainsi, la sanction d'un an de prison ferme prononcée à l'encontre du sinistre individu qui lança un chaton contre un mur (sans le tuer) doit-elle quelque chose à l'emballement médiatique qui l'avait précédée ? Est-il possible que ceux qui ont à juger voient leurs décisions biaisées au point de devenir injustes ? Ce serait là une violation de la déontologie des magistrats qui rappelle que : « L'impartialité [...] ne s'entend pas seulement d'une absence apparente de préjugés, mais aussi, plus fondamentalement, de l'absence réelle de parti pris. » Aussi incommode que soit cette idée, il est pourtant facile de montrer que les professionnels de la justice peuvent se laisser influencer par des facteurs arbitraires, parce qu'avant d'être des juges, ils sont des humains dont le cerveau est une machine à la fois merveilleuse et faillible.

Ainsi, une étude a montré que des juges qui devaient statuer sur des demandes de

liberté conditionnelle étaient nettement plus enclins à l'accepter après une pause déjeuner qu'avant ! En d'autres termes, un juge fatigué et affamé aura tendance à être plus sévère qu'un juge rassasié. Qu'à cela ne tienne, il suffit peut-être de prévoir des petits en-cas pour éviter ce déséquilibre du jugement. Mais que faire quand un phénomène aléatoire est de nature, lui aussi, à fausser un verdict ?

Des psychologues allemands ont montré que des juges, pourtant expérimentés, se laissent influencer par le résultat parfaitement arbitraire d'un lancer de dés. Ils ont

Il n'est pas de meilleure méthode pour déjouer les contraintes qui s'exercent sur nous que de les connaître pour tenter de les apprivoiser.

soumis à ces professionnels le cas d'une femme coupable d'un vol à l'étalage. Son dossier présentait exactement les mêmes données pour chacun des sujets de l'expérience. La seule différence venait d'un dé que l'on tirait devant eux ; ils devaient dire si le nombre de mois de la peine de prison infligée était supérieur ou inférieur au chiffre apparaissant sur le dé. Ensuite, ils devaient indiquer le nombre précis de mois. Ce dé était pipé (mais les sujets de l'expérience l'ignoraient), et ne donnait que des chiffres 3 ou des 9. Ceux pour qui le dé indiquait le chiffre 9 condamnerent en moyenne la voleuse à huit mois de prison, tandis que

ceux qui avaient obtenu le chiffre 3 lui en infligèrent seulement 5 !

Ces résultats sont inquiétants, car si des juges expérimentés peuvent se laisser influencer, à leur insu, par un simple lancer de dés, que penser de l'impartialité de leur jugement lorsqu'ils sont confrontés à une polémique médiatique ou à des enjeux idéologiques, dont on suppose qu'ils ont un pouvoir de suggestion notablement supérieur ?

Le bandeau qui masque le regard de la justice peut alors être interprété de bien des façons. Ce n'est sans doute pas une raison pour désespérer de cette institution fondamentale, mais une occasion de rappeler cette évidence que si la justice doit être au-dessus des hommes, c'est bien par des hommes qu'elle est administrée. Dans ces conditions, il n'est peut-être pas absurde que, dans les écoles de magistrature, on enseigne désormais quelques bases

concernant le fonctionnement du cerveau humain. Car c'est bien lui qui nous permet de juger. Or la somme des biais, illusions ou obstacles qui peuvent peser sur notre raisonnement est immense. Les progrès spectaculaires des sciences de la cognition au cours des 50 dernières années offrent l'espoir d'améliorer les conditions de notre raisonnement. En effet, il n'est pas de meilleure méthode pour déjouer les contraintes qui s'exercent sur nous que de les connaître pour essayer de les apprivoiser. ■

Gérald BRONNER est professeur de sociologie à l'Université Paris-Diderot.