minutieusement collectées par Tyler Vigen quand il était étudiant à la faculté de droit de Harvard, à Cambridge dans le Massachusetts. Il travaille aujourd'hui au Boston Consulting Group et a publié un livre avec ses amusantes découvertes (voir la bibliographie et les sites www.tylervigen.com/spurious-correlations ou http://tylervigen.com/old-version.html).

L'observation sur un même graphique de la courbe indiquant année après année le nombre de suicides aux États-Unis par pendaison ou suffocation et de la courbe indiquant année après année les dépenses de recherches scientifiques américaines est particulièrement troublante. Quand l'une des courbes baisse ou monte, l'autre la suit en parallèle. La synchronisation est presque parfaite. Elle se traduit en termes mathématiques par un coefficient de corrélation de 0,992082, proche de 1, le maximum possible. Cela établit-il qu'il existe un lien véritable entre les deux séries de nombres?

Cela est si peu vraisemblable qu'il faut se rendre à l'évidence: c'est uniquement le fait du hasard, ou comme on le dit, une coïncidence. La seule façon raisonnable d'expliquer le parallélisme des deux courbes et des nombreux cas du même type proposés par Tyler Vigen est la suivante:

– Il a collecté un très grand nombre de séries statistiques.

– Il a su les comparer systématiquement, ce qui lui a permis d'en trouver ayant des allures similaires, d'où des coefficients de corrélation proches de 1.

– On ne doit pas s'en étonner: c'était inévitable du fait du très grand nombre de séries numériques pris en compte.

La quantité de données de base est l'explication et Tyler Vigen a détaillé sa méthode: après avoir réuni des milliers de séries numériques, il les a confiées à son ordinateur pour qu'il recherche systématiquement les couples de séries donnant de bons coefficients de corrélation; il a ensuite fait appel aux étudiants de sa faculté pour qu'ils lui indiquent, par des votes, les couples de courbes jugés les plus spectaculaires parmi ceux présélectionnés par l'ordinateur.

Cette façon de procéder porte en anglais le nom de *data dredging*, que l'on peut traduire par «dragage de données». Il est important d'avoir conscience des dangers que créent de tels traitements, surtout aujourd'hui où la collecte et l'exploitation de quantités colossales d'informations de toutes sortes sont devenues faciles et largement pratiquées. La nouvelle discipline informatique qu'est la fouille de données (en anglais, *data mining*) pourrait être victime sans le savoir de ces corrélations illusoires: sans précaution, elle peut prendre ces dernières pour de véritables liens entre des séries de données en réalité totalement indépendantes.

UNE VICTIME: LA RECHERCHE MÉDICALE

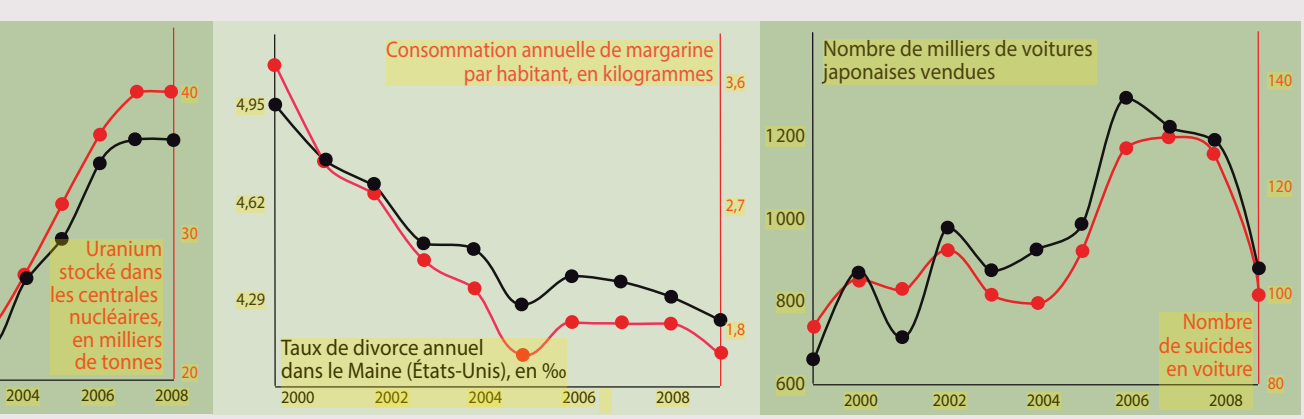
La recherche médicale est fréquemment confrontée au problème de telles corrélations douteuses. Dans un article de 2011, Stanley Young et Alan Karr, de l'Institut américain d'études statistiques, citaient 12 études publiées qui établissaient de soi-disant liens entre la consommation de vitamine et la survenue de cancers. Ces études avaient parfois été réalisées en utilisant un protocole avec placebo et mesure en double aveugle, et semblaient donc sérieuses. Pourtant, quand elles ont été reprises, dans certains cas plusieurs fois, les nouveaux résultats ont contredit les résultats initiaux. Outre que la tentation est grande d'arrondir un peu les chiffres pour qu'ils parlent dans un sens bien clair et permettent la publication d'un article, il se peut simplement que les auteurs de ces travaux aux conclusions impossibles à reproduire aient été victimes d'une situation de mise en corrélation illusoire, comme Tyler Vigen en a repéré de nombreuses.

Ce hasard trompeur provenant de l'exploration d'un trop grand nombre de combinaisons est une erreur de jugement statistique. On se >

L'AUTEUR

JEAN-PAUL DELAHAYE
professeur émérite à l'université de Lille et chercheur au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille (Cristal)

Jean-Paul Delahaye a récemment publié: **Les mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).



1

UNE SURPRISE DE L'INFINI MATHÉMATIQUE

L'infini mathématique produit parfois d'étonnantes propriétés dont on pourrait croire à tort qu'elles sont le fait de coïncidences.
En voici un exemple : il est possible de trouver un multiple de votre année de naissance (ou de votre numéro de sécurité sociale, ou numéro de carte bancaire) qui ne contienne que des 7 et des 0, les 7 étant tous placés devant les 0.
Exemple : le nombre m = 1 968, multiplié par k = 3 952 122 854 561 875, donne n = 7 777 777 777 777 770 000.

Ce qui est vrai pour 1 968 est vrai pour tout nombre entier ! Cela semble magique. Pourtant, c'est assez facile à démontrer. On pourra d'ailleurs aisément écrire un programme qui, pour tout m donné (pas trop grand !) trouve le k voulu.

Démonstration : Soit un entier quelconque m. Considérons tous les nombres 7, 77, 777, 7777, ... et divisons-les par m, en notant les restes obtenus.
– Deux de ces nombres (et même une infinité de couples) donneront le même reste, car les restes possibles d'une division par m sont 0, 1, ..., m – 1 et sont donc en nombre fini.
– Soustrayons le plus petit du plus grand : n = 77777...777 – 777...77.
– Par construction, comme différence de deux nombres donnant le même reste quand ils sont divisés par m, le nombre n est un multiple de m. De plus, il est de la forme 777...777000...000. CQFD.

2

> trompe en croyant qu'une observation est significative et doit donc être expliquée, alors qu'elle devait se produire (elle ou une autre du même type) du fait du grand nombre d'hypothèses envisagées, parfois collectivement par l'ensemble des équipes de recherche, dans la quête de régularités statistiques.

DATA SNOOPING

Cette illusion est proche de celle dénommée *data snooping* (« furetage discret de données ») que l'on peut utiliser pour des tromperies délibérées. Pour en illustrer le fonctionnement, Halbert White, de l'université de Californie à San Diego, a suggéré la méthode suivante permettant à un journal financier d'augmenter le nombre de ses abonnés.

La première semaine, le journal envoie un exemplaire gratuit à 20000 personnes; dans la moitié des numéros envoyés, il est écrit que l'indice boursier (par exemple le Dow Jones) va monter, dans l'autre moitié le journal affirme que l'indice va baisser. Selon que l'indice a effectivement monté ou baissé, le journal envoie la semaine suivante, aux 10000 adresses qui ont reçu la bonne prévision, un second numéro gratuit, avec dans la moitié des exemplaires l'annonce pour la semaine suivante que l'indice va monter et dans l'autre moitié qu'il va baisser. La troisième semaine, le journal envoie 5000 numéros gratuits à ceux qui ont reçu la bonne anticipation deux semaines de suite, etc.

À chaque fois, le journal insiste sur le fait qu'il a correctement prévu la tendance depuis plusieurs semaines et propose un bulletin d'abonnement. Au bout de 10 semaines, il ne restera qu'une vingtaine d'envois à faire, mais pour être persuadé que le journal sait prédire la bonne tendance de l'indice boursier, rares sont les lecteurs potentiels qui attendent une prévision exacte 10 fois de suite. Par conséquent, un bon nombre de nouveaux abonnements auront été souscrits à mesure du déroulement des envois.

Une autre situation de *data snooping* dans le traitement des données financières conduit à une navrante désillusion. On cherche des règles du type « Si aujourd'hui le cours de l'action A monte et que le cours de l'action B baisse et que..., alors le cours de l'action X montera demain ». On en écrit un grand nombre, voire on écrit toutes les règles de ce type comportant 10 éléments dans leurs prémisses. On sélectionne ensuite, à l'aide d'une série de données provenant du passé, les meilleures règles. On élimine toutes les règles qui se sont trompées avec les données passées, et on retient seulement celles qui ont toujours fourni une bonne prédiction, ou celles qui ont eu raison le plus souvent. On disposera alors inévitablement d'une série réduite de règles qui, si elles avaient été appliquées sur les données du test, auraient permis de gagner beaucoup d'argent... et qui pourtant ne rapporteront rien dans les semaines qui suivront leur mise en œuvre pour faire des achats et des ventes.

Bien sûr, le piège est connu des chercheurs et des méthodes ont été mises au point pour ne pas être victime de l'illusion. On cherchera par exemple à évaluer, avant de mener la recherche des bonnes règles, la probabilité que lorsque les données sont tirées au hasard l'une des règles de la liste envisagée fonctionne avec ce hasard, et on s'assurera que cette probabilité est proche de 0.

LOTERIE TRUQUÉE ?

Qui peut considérer comme normal qu'à quelques jours de distance, la même série de 6 numéros sorte d'un tirage du Loto ? C'est pourtant ce qui se produisit le 10 septembre 2009 pour le Loto bulgare. La série 4, 15, 23, 24, 35, 42 n'a rien d'extraordinaire, sauf qu'elle avait déjà été tirée 6 jours auparavant, le 4 septembre, par le même Loto bulgare. Une coïncidence incroyable, au point que le ministre des Sports Svilen Neïkov demanda l'ouverture d'une enquête. Aucune tricherie n'a été détectée, et d'ailleurs les deux tirages avaient eu lieu devant les caméras de la télévision. La chose fut considérée si extraordinaire que la presse dans le monde entier rapporta l'événement.