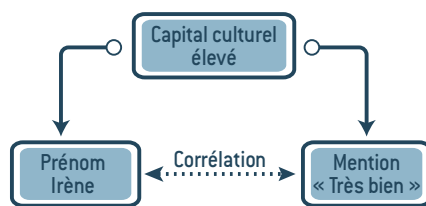


Ces questions reviennent à se demander quelle histoire causale se cache derrière la corrélation observée entre la mention et le prénom, c'est-à-dire quels sont les liens de cause à effet sous-jacents à la situation. Plus généralement, la question est : à quelles conditions des corrélations permettent-elles de tirer des conclusions causales, par exemple de conclure que le prénom Irène est la cause de la mention « Très bien » ?

Ce problème se pose quotidiennement dans tous les domaines de la science où l'on est confronté à des ensembles de données empiriques nécessitant une explication : économie, épidémiologie, toxicologie, astronomie, etc. L'interprétation correcte des corrélations observées en termes d'éventuels liens de causalité sous-jacents constitue l'un des pivots de la démarche scientifique. Elle est à ce titre d'une grande importance théorique.

Elle a aussi une grande importance pratique. C'est notamment le cas dans le domaine de la santé publique. Ainsi, quand on constate une forte corrélation entre l'exposition à une certaine substance de synthèse et une pathologie grave, il faut être sûr que cette corrélation résulte d'un lien de causalité avant que les pouvoirs publics décident d'une mesure telle que l'interdiction de la commercialisation de



2. CHEZ LES CANDIDATES au baccalauréat, le prénom Irène est corrélé à la mention « Très bien ». Mais l'existence d'un lien de cause à effet entre le prénom et la mention au baccalauréat est peu vraisemblable. La corrélation observée serait plutôt une conséquence de ce que les parents qui choisissent de prénommer leur fille Irène ont un capital culturel supérieur à la moyenne, d'où une probabilité supérieure pour leur enfant d'obtenir une bonne mention au baccalauréat.

la substance en question. Par exemple, la corrélation pourrait être due au fait que les personnes exposées à cette substance sont aussi systématiquement exposées à un autre produit, la pathologie étant causée par ce dernier et non par la substance suspectée initialement.

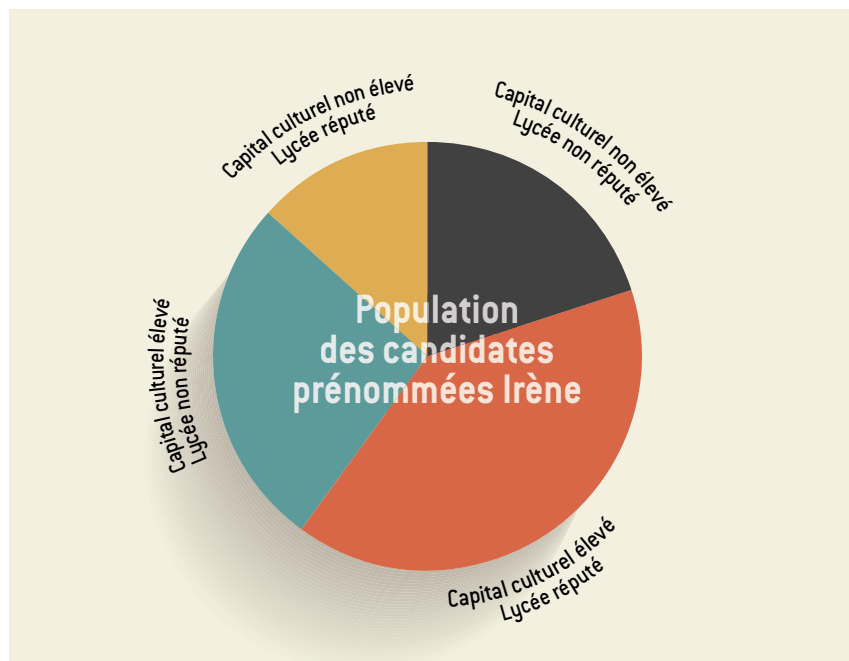
Pour passer des corrélations observées aux relations causales, deux étapes sont à franchir. La première consiste à passer des corrélations observées sur un échantillon d'une population à celles en vigueur dans la population entière. Cette première étape, la généralisation d'un échantillon de population à la population entière, relève de la science statistique. La seconde étape consiste, pour la population considérée, à passer des corrélations aux liens de cause à effet. Seule cette seconde étape concerne spécifiquement la causalité, et c'est sur elle que portera notre propos.

Diverses approches

La question de la causalité est réapparue en philosophie des sciences dans la seconde moitié du XX^e siècle. L'une des lignes d'analyse explorées visait à définir la causalité par le concept de corrélation – ou de dépendance probabiliste, selon les termes en usage chez les philosophes.

Cette façon de définir la causalité n'est pas la seule. L'une des principales définitions concurrentes repose sur l'idée que les effets n'auraient pas lieu si leurs causes n'avaient pas lieu ; cette approche peut s'appliquer à certaines études historiques par exemple. Une autre proposition, formulée dans le cadre des théorisations de la démarche expérimentale, se fonde sur la possibilité de manipuler les effets en intervenant sur les causes. Une troisième approche, enfin, est axée sur la caractérisation physique des relations causales, c'est-à-dire sur l'identification des grandeurs physiques dont la transmission de proche en proche constitue la relation de causalité.

Toutefois, l'analyse de la causalité en termes de corrélations est sans doute celle à laquelle les scientifiques font le plus appel, au moins explicitement, et c'est celle qui nous concerne ici. Cette approche repose sur l'idée qu'un effet est plus probable en présence de l'une de ses causes qu'en son absence. Ainsi, il est plus probable pour un candidat d'obtenir la mention « Très bien » s'il a un capital culturel élevé que sinon. En utilisant la notion de probabilité



3. LE PRÉNOM IRÈNE serait la cause de la mention « Très bien » si et seulement si ce prénom rendait cette mention plus probable dans chacune des sous-populations définies par les autres causes possibles de la mention. Dans l'exemple ici représenté, quatre sous-populations sont définies par le lycée fréquenté (réputé ou non) et par le capital culturel (élevé ou non).

conditionnelle (voir l'encadré ci-contre), le fait qu'un effet E soit plus probable en présence de l'une de ses causes C qu'en son absence s'écrit :

$$p(E | C) > p(E | \text{non-C}).$$

Cette inégalité, que nous noterons (A), se lit : la probabilité de E sachant que C est réalisé est supérieure à la probabilité de E sachant que C n'est pas réalisé. On peut montrer qu'elle est équivalente à l'inégalité $p(E | C) > p(E)$ (la probabilité de E sachant que C est réalisé est supérieure à la probabilité de E en général).

Cependant, l'inégalité (A) ne suffit pas à caractériser les relations de cause à effet. Pour le comprendre, revenons à notre exemple initial, où il est plus probable d'obtenir une mention « Très bien » en se prénommant Irène qu'autrement. Une première difficulté est que la corrélation positive est symétrique et ne rend donc pas compte de la direction du lien de cause à effet : les lois du calcul des probabilités montrent que si C (prénom Irène) augmente la probabilité de E (mention « Très bien »), alors E augmente la probabilité de l'événement C (voir l'encadré ci-contre). En d'autres termes, la corrélation exprimée par (A) ne permet pas de savoir si C est la cause de E ou si, au contraire, c'est E qui entraîne C.

Des corrélations sans liens de causalité

Une seconde difficulté, déjà indiquée, est que la corrélation positive du prénom Irène avec la mention « Très bien » pourrait ne pas indiquer un rapport de causalité entre prénom et mention, mais cacher une structure causale plus complexe, impliquant par exemple le capital culturel de la personne nommée Irène. Selon cette hypothèse, un capital culturel élevé favoriserait à la fois le choix du prénom Irène et l'obtention d'une mention « Très bien », d'où la corrélation positive entre ces deux événements (voir la figure 2).

C'est là un fait général : quand une cause C a deux effets E_1 et E_2 , l'occurrence de E_1 (ou de E_2) augmente la probabilité de E_2 (ou de E_1), même si E_1 ne cause pas E_2 (ou inversement). En d'autres termes, pas plus qu'elle ne rend compte de la direction de la causalité, l'inégalité (A) ne permet de distinguer entre un lien de causalité (C est la cause de E) et un lien entre deux effets d'une même cause (C et E sont tous deux causés par un certain facteur F).

Probabilité conditionnelle et symétrie cause-effet

En l'absence d'informations particulières, notons $p(A)$ la probabilité d'un événement A. La probabilité de A verra sa valeur modifiée si l'on sait qu'un événement B, qui peut être lié à A, s'est produit.

La probabilité de A sachant que B s'est produit, notée $p(A | B)$, est alors égale à $p(A \text{ et } B)/p(B)$, où $p(A \text{ et } B)$ désigne la probabilité qu'à la fois A et B soient réalisés. Dans l'exemple d'un lancer de dé, si A est l'événement « Le dé affiche le nombre 3 ou 6 » et B l'événement

« Le dé affiche un nombre pair », l'événement (A et B) est « Le dé affiche le nombre 6 » et la probabilité que le dé affiche 3 ou 6 sachant qu'un nombre pair a été obtenu est égale à $p(A | B) = (1/6)/(1/2) = 1/3$.

À partir de la définition ci-dessus, quelques mani-

pulations algébriques simples montrent que l'inégalité $p(E | C) > p(E)$, qui traduit le fait que la réalisation d'une cause C augmente la probabilité de l'effet E, est équivalente à l'inégalité $p(C | E) > p(C)$, c'est-à-dire que la réalisation de E augmente la probabilité de C. Les rôles de C et E sont ainsi échangés, et il en résulte que l'inégalité $p(E | C) > p(E)$ ne permet pas de distinguer le sens de la relation de causalité entre E et C.

Comment, alors, s'appuyer sur l'inégalité (A) pour développer une théorie adéquate de la causalité ? Une première stratégie a été poursuivie par l'Américain Patrick Suppes et exposée dans un ouvrage paru en 1970. L'idée consiste à caractériser, par des propriétés probabilistes, les situations donnant lieu à des corrélations positives auxquelles ne correspond pas une relation de cause à effet. On dira alors que C cause E si et seulement si C et E vérifient l'inégalité (A), mais pas les propriétés probabilistes en question. Cette stratégie a pu être développée grâce au travail du philosophe d'origine allemande Hans Reichenbach, qui avait donné en 1956 une caractérisation probabiliste des structures causales comprenant une cause et deux effets, dont aucun n'entraîne l'autre (voir l'encadré page 58).

Cependant, la première difficulté indiquée ci-dessus, à savoir le caractère symétrique de la corrélation positive, est beaucoup plus difficile à résoudre : il n'est pas aisé de déterminer la direction de la causalité au moyen de concepts probabilistes. Aussi P. Suppes proposa-t-il de la faire découler de la direction du temps. D'après ce philosophe, C est une cause de E si les trois conditions suivantes sont réunies : C et E vérifient l'inégalité (A) ; C et E ne vérifient pas les relations probabilistes entre effets d'une cause commune dont aucun ne cause l'autre ; C est antérieur à E.

La proposition de P. Suppes présente plusieurs défauts. Au plan conceptuel, faire découler la direction de la causalité

■ L'AUTEUR



Isabelle DROUET est maître de conférences à l'Université Paris-Sorbonne, où elle enseigne

la philosophie des sciences et la logique.