

L'ESSENTIEL

- Dans un groupe de 23 personnes, il y a plus d'une chance sur deux que deux d'entre elles aient le même jour anniversaire.
- En 2009, le loto bulgare a tiré, à quatre jours d'intervalle, les mêmes six numéros gagnants.
- De tels événements, que nous considérons comme très improbables, se produisent sans cesse autour de nous. La loi des très grands nombres et la combinatoire aident à comprendre pourquoi.

© Colin Anderson/Alamy Images/Corbis



ce qu'on a calculé plus haut –, mais cela inclut également la probabilité que deux (ou plus) des autres personnes partagent une même date anniversaire, différente de la mienne.

C'est là que la combinatoire entre en jeu. Tandis qu'il n'y a que $n - 1$ personnes du groupe susceptibles de partager ma date d'anniversaire, le nombre de paires formées de deux personnes différentes et prises dans un groupe de n personnes est égal à $n(n-1)/2$. Ce nombre de paires croît rapidement quand n augmente. Quand n est égal à 23, on arrive à 253, ce qui est plus de dix fois supérieur à $n - 1 = 22$. En d'autres termes, si l'assemblée compte 23 personnes, il y a 253 paires possibles de personnes, dont seulement 22 m'incluent.

Considérons alors la probabilité qu'il n'existe aucune paire, prise parmi ces 23 personnes, dont les deux membres aient le même jour anniversaire. Pour deux personnes, la probabilité que la seconde personne n'ait pas la même date d'anniversaire que la première est de $364/365$. Ensuite, la probabilité que ces deux personnes-là aient des jours anniversaires différents et qu'une troisième personne ne partage son anniversaire ni avec l'une ni avec l'autre

est égale à $364/365 \times 363/365$. De la même façon, la probabilité que ces trois-là aient des dates d'anniversaire différentes et qu'une quatrième personne ne partage son anniversaire avec aucune des trois premières est égale à $364/365 \times 363/365 \times 362/365$. En continuant ainsi, on obtient que la probabilité qu'aucune des 23 personnes n'ait la même date d'anniversaire qu'une autre est égale à $364/365 \times 363/365 \times 362/365 \times 361/365 \times \dots \times 343/365$.

Ce produit vaut 0,49. Parce que la probabilité qu'aucune des 23 personnes ne partage la même date anniversaire vaut 0,49, la probabilité que certaines d'entre elles aient le même jour anniversaire est égale à $1 - 0,49$, soit 0,51 : ce nombre est supérieur à $1/2$.

Des loteries qui se répètent

Un autre exemple d'événement improbable en apparence mais qui ne l'est en fait pas du tout est fourni par les loteries. Le 6 septembre 2009, le loto bulgare a tiré au hasard les numéros gagnants 4, 15, 23, 24, 35 et 42. Ces numéros ne sont pas insolites. Certes, les chiffres qui les composent (1, 2, 3, 4 et 5) sont tous petits, mais cela

LA CHUTE D'UN PIANO SUR UNE VOITURE est très improbable. Mais les déménagements de piano et les voitures sont très nombreux...

n'a rien d'extraordinaire. Par ailleurs, la combinaison gagnante comporte une paire de nombres consécutifs, 23 et 24, mais cela arrive plus souvent qu'on ne le croit (si l'on demande à des gens de choisir au hasard six nombres compris entre 1 et 49, ils choisiront moins souvent des paires de nombres consécutifs qu'il n'y en aurait dans un tirage purement aléatoire).

Ce qui est insolite, c'est ce qui s'est produit quatre jours plus tard : le 10 septembre, la loterie bulgare a tiré les numéros gagnants 4, 15, 23, 24, 35, 42 – exactement les mêmes nombres que la semaine précédente. L'événement a provoqué à l'époque une tempête médiatique. « C'est la première fois que cela arrive depuis 52 ans que le loto existe. Nous sommes absolument abasourdis d'assister à une telle coïncidence, mais cela s'est produit », déclarait une porte-parole le 18 septembre dans une dépêche de l'agence de presse *Reuters*. Le ministre des sports bulgare de l'époque, Svilen Neikov, ordonna une enquête. Une fraude massive aurait-elle

Permutations, combinaisons et arrangements

Trois objets distincts A, B et C peuvent être ordonnés de six façons différentes : ABC, ACB, BAC, BCA, CAB, CBA. Chacune de ces façons est une *permutation* de l'ensemble {A, B, C}. Plus généralement, pour n objets distincts, il existe $n!$ permutations, où $n!$ (prononcé « factorielle n ») désigne le produit $n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 2 \times 1$.

Dans un ensemble {A, B, C} de trois objets distincts, on a trois

façons de choisir deux des objets : on peut choisir {A, B}, {B, C} ou {A, C}. Chacun de ces trois sous-ensembles est une *combinaison* de deux objets choisis parmi trois. Plus généralement, étant donné un ensemble de n objets distincts, il existe $C(n, p) = n! / [p! (n-p)!]$ combinaisons de p objets parmi les n . Autrement dit, il existe $n! / [p! (n-p)!]$ façons de choisir p objets parmi n . Dans les combinaisons, on ne tient pas

compte de l'ordre dans lequel sont placés les objets. S'il faut tenir compte de l'ordre, on parle d'*arrangements*. On a ainsi six arrangements différents de deux objets pris parmi trois : AB, BA, BC, CB, AC, CA. Plus généralement, le nombre d'arrangements de p objets pris parmi n est $A(n, p) = n! / (n-p)!$ (c'est le nombre de combinaisons multiplié par $p!$, le nombre de permutations de p objets).

été commise ? Les numéros précédents auraient-ils pu être copiés d'une quelconque manière ?

En fait, cette coïncidence assez stupéfiante était simplement un autre exemple du principe d'improbabilité. Premièrement, de nombreuses loteries sont organisées de par le monde. Deuxièmement, elles ont lieu de manière très répétée, depuis des années. Cela s'additionne pour donner un très grand nombre de tirages, où les numéros tirés vont pouvoir éventuellement se répéter. Et troisièmement, la combinatoire intervient : chaque fois qu'il y a un tirage, on peut obtenir les mêmes numéros qui ont été produits dans l'un quelconque des tirages précédents. De façon générale, comme on l'a vu avec les anniversaires, si l'on effectue n tirages du loto, on a $n(n-1)/2$ paires de tirages, chacune de ces paires étant susceptible de produire une combinaison gagnante identique.

Le loto bulgare qui a produit des combinaisons identiques en 2009 est un loto où l'on tire six numéros sur 49. Or il existe $49! / [6! (49-6)!] = (49 \times 48 \times 47 \times 46 \times 45 \times 44) / (6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2) = 13\,983\,816$ ensembles différents de six numéros choisis parmi 49 (il s'agit de combinaisons, où l'on ne tient pas compte de l'ordre dans lequel sont tirés les numéros) (voir l'encadré ci-dessus). La probabilité de tirer une combinaison donnée de six numéros est donc égale à $1/13\,983\,816$. Cela signifie que la probabilité que deux tirages donnés produisent la même combinaison vaut $1/13\,983\,816$.

Mais quelle est la probabilité que deux tirages quelconques parmi trois donnent la même combinaison ? Ou quelle est la probabilité que deux tirages quelconques parmi 50 produisent la même combinaison ?

L'AUTEUR



David HAND est professeur émérite de mathématiques et directeur de recherche

à l'Imperial College de Londres. Il est ancien président de la Société royale de statistiques.

Article adapté de l'ouvrage de D. Hand, *The Improbability Principle : Why Coincidences, Miracles, and Rare Events Happen Every Day*, Scientific American/Farrar, Straus and Giroux, 2014.

BIBLIOGRAPHIE

F. Sauvageot, *Coïncidences, Images des mathématiques*, CNRS, 2011 (<http://images.math.cnrs.fr/Coincidences.html>).

D. J. Hand, *Statistics : A Very Short Introduction*, Oxford University Press, 2008.

I. Stewart, *Quelle coïncidence !*, Pour la Science n° 249, pp. 106-107, 1998.

J. Bérard, *Introduction aux probabilités et à la statistique*, <http://math.univ-lyon1.fr/~jberard/cours-www.pdf>

Dans le cas de trois tirages, notés par exemple A, B et C, il existe trois paires possibles de tirages ((A, B), (B, C) et (A, C)). Mais avec 50 tirages, on a 1 225 paires possibles. Et avec 1 000 tirages, il y a 499 500 paires possibles. La combinatoire entre en jeu. Quand on fait passer le nombre de tirages de 50 à 1 000, ce qui correspond à une multiplication par un facteur 20, l'impact sur le nombre de paires est beaucoup plus grand : en passant de 1 225 à 499 500, il est multiplié par près de 408. On entre dans le domaine des nombres vraiment grands.

Avec des milliers de tirages, la coïncidence ne doit plus étonner

Combien de tirages faudrait-il pour que la probabilité de tirer deux fois les six mêmes numéros soit supérieure à $1/2$, c'est-à-dire pour que cet événement ait davantage de chances de se produire que de ne pas se produire ? En utilisant la même méthode que pour le problème des anniversaires, on obtient comme réponse 4 404.

À raison de deux tirages par semaine, on en a 104 par an. Il faudra alors moins de 43 ans pour atteindre 4 404 tirages. En d'autres termes, au bout de 43 ans, il y a davantage de chances qu'il y ait deux combinaisons gagnantes du loto identiques que le contraire. Cela jette un éclairage assez différent sur le commentaire de la porte-parole bulgare selon laquelle il s'agissait d'une coïncidence bizarre !

Et cela n'est pas valable que pour une loterie déterminée. Quand on prend en compte toutes les loteries dans le monde, on comprend qu'il serait surprenant que les tirages ne se répètent pas de temps en temps. Vous ne serez donc pas étonnés d'apprendre que pour la loterie nationale israélienne, les numéros tirés le 16 octobre 2010 (13, 14, 26, 32, 33, 36) étaient exactement les mêmes que ceux tirés quelques semaines plus tôt, le 21 septembre. Vous ne serez pas étonnés, contrairement aux dizaines de personnes qui ont envahi les programmes radiophoniques d'Israël pour se plaindre que le loto était truqué.

Le résultat du loto bulgare était inhabituel du fait que les combinaisons gagnantes identiques ont été obtenues par deux tirages consécutifs. Mais en raison de la loi des vraiment grands nombres, combi-