

RÉMY LESTIENNE

LE HASARD CRÉATEUR



SCIENCES ET SOCIÉTÉ
ÉDITIONS LA DÉCOUVERTE

sciences et société

Dans la collection « Sciences et société »
Aux Éditions La Découverte

Marcel Blanc, *L'Ère de la génétique.*

Mohamed Larbi Bouguerra, *Les Poisons du tiers monde.*

Philippe Breton, Serge Proulx, *L'Explosion de la communication.*

Bernard Cassen (sous la direction de), *Quelles langues pour la science ?*

Alan Chalmers, *Qu'est-ce que la science ?*

Alan Chalmers, *La Fabrication de la science.*

Denis Duclos, *La Peur et le Savoir. La société face à la science, la technique et leurs dangers.*

Bruno Latour, Steve Woolgar, *La Vie de laboratoire. La production des faits scientifiques.*

Yves Lenoir, *La Vérité sur l'effet de serre. Le dossier d'une manipulation planétaire.*

Pierre Lévy, *La Machine univers.*

Pierre Lévy, *Les Technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique.*

Richard C. Lewontin, Steven Rose, Leon J. Kamin, *Nous ne sommes pas programmés* (épuisé).

Sven Ortoli, Jean-Pierre Pharabod, *Le Cantique des quantiques.*

Guitta Pessis-Pasternak (entretiens avec), *Faut-il brûler Descartes ? Du chaos à l'intelligence artificielle : quand les scientifiques s'interrogent.*

Michel de Pracontal, *L'Imposture scientifique en dix leçons.*

Rémy Lestienne

Le hasard créateur

ÉDITIONS LA DÉCOUVERTE
9 *bis*, rue Abel-Hovelacque
PARIS XIII^e
1993

DU MÊME AUTEUR

Les Fils du temps. Causalité, entropie, devenir, Presses du CNRS, 1990.

Si vous désirez être tenu régulièrement au courant de nos parutions, il vous suffit d'envoyer vos nom et adresse aux Éditions La Découverte, 9 bis, rue Abel-Hovelacque, 75013 Paris. Vous recevrez gratuitement notre bulletin trimestriel **A la Découverte**.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement, par photocopie ou tout autre moyen, le présent ouvrage sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris).

© Éditions La Découverte, Paris, 1993.
ISBN 2-7071-2191-6

ISBN numérique : 9782707155269

*A celle que j'ai rencontrée
par hasard
et qui est devenue ma femme.*

Je dédie aussi ce livre à Thomas Jefferson, le troisième président des États-Unis, et à son épouse Martha. Dans une note manuscrite retrouvée, Martha avait recopié cette phrase, tirée du livre de Laurence Sterne *Tristram Shandy* : « Time wastes too fast : every letter I trace tells me with what rapidity life follows my pen. The days and hours of it are flying over our heads like clouds of windy day never to return — more everything presses on... »

Sur le même feuillet Thomas Jefferson avait complété la citation : « and every time I kiss thy hand to bid adieu, every absence which follows it are preludes to that eternal separation which we are shortly to make ! »

Introduction

Lorsqu'il reçut le prix Nobel en 1984, le physicien Carlo Rubbia déclara qu'à son avis les générations futures respecteraient la nôtre, non pas tellement pour notre puissance industrielle ou nos réalisations techniques, mais pour la profondeur des questions que nous nous posons sur le système du monde et l'audace des expériences que nous mettons en œuvre pour essayer d'y répondre. Les interrogations des philosophes anciens étaient certes d'une grande pertinence, mais jamais auparavant la science n'avait prêté son concours pour embrasser d'un même élan les questions portant sur l'essence ultime de la matière, sur son origine et son destin, et sur notre place dans le monde.

La chance a voulu que je fasse partie de cette génération-là. Malgré leurs connaissances toutes neuves et bien incomplètes encore, les questions auxquelles les chercheurs de notre génération ont cherché obstinément des réponses ne sont pourtant guère différentes de celles de nos aînés ; en définitive, elles se ramènent souvent à celles-ci : comment être sûr que nos sens ne nous trompent pas sur la réalité du monde ? Quelle est la nature réelle des intuitions qui participent le plus

à notre vie affective : le temps qui passe, par exemple ? Au moment de l'écriture de mon premier ouvrage *Les Fils du temps*¹, j'ai constaté l'intervention constante, dans les questions portant sur l'irréversibilité temporelle, du *hasard*, chose curieuse entre toutes pour un physicien élevé dans la tradition de Galilée, Newton et Einstein. Le hasard et le temps sont des notions qui se ressemblent par plus d'un côté : toutes deux sont à la racine de notre sentiment d'exister ; toutes deux sont à la fois essentielles, mais difficiles à cerner, à définir de façon opératoire ; aucune d'elles ne se laisse volontiers enfermer dans le cadre des théories physiques de la nature ; enfin, elles jouent un rôle dans les sciences de la nature : discret — quoique fondamental — en physique, et beaucoup plus éclatant dans les sciences de la vie. Bref, une étude sérieuse de ces deux notions exige aujourd'hui qu'on interroge tour à tour, avec rigueur, les sciences physiques *et* les sciences biologiques. Avec rigueur, parce que l'interrogation, qu'elle soit de nature philosophique, psychologique, ou religieuse, ne peut plus reposer aujourd'hui sur des approximations, des emballements prématurés, des constructions hasardeuses qui déformeraient l'enseignement réel de l'observation scientifique.

Depuis que j'approche l'étude des mécanismes cérébraux, je commence à comprendre à quel point l'exigence impériale de notre cerveau pour une vision cohérente du monde peut nous induire en erreur et expliquer la diversité des opinions présentées souvent avec bonne foi comme des évidences, quand elles ne sont que des preuves de l'efficacité de nos machines mentales à fabriquer des visions personnelles des choses. Il n'est pas rare que le cerveau, pour satisfaire ce besoin de cohérence, supprime parmi les perceptions élémentaires qui lui sont soumises, celles qui sont contraires à l'esprit de (son) système. Modestie donc de l'approche : mais qu'on aurait tort de prendre pour une indifférence. Parler hier du temps, parler aujourd'hui du hasard, c'est parler de

1. R. LESTIENNE, *Les Fils du temps. Causalité, entropie, devenir*, Les Presses du CNRS, Paris, 1990.

toute façon de soi : ce n'est pas Marcel Proust qui me contredirait sur ce point ! La méthode d'approche que j'ai adoptée diffère de la sienne, sans doute : à force de douter des mérites de l'introspection, j'en suis venu à penser qu'il valait mieux se fier à la démarche scientifique, externe et intersubjective. La contribution d'une telle démarche à la connaissance de nous-mêmes est certes modeste, mais c'est quand même le guide le plus sûr à notre disposition.

La première instance que nous devons interroger pour connaître la nature du hasard est la chaleur. Dans l'univers que nous habitons, il n'est pas de substance, matérielle ou non, à laquelle ne puisse être associée une température. Or, qu'est-ce que la chaleur ? Depuis la fin du siècle dernier, les physiciens répondent : c'est la manifestation à l'échelle macroscopique de l'agitation désordonnée des molécules. Le désordre est donc partout, autour de nous, en nous, sous la forme de ce frémissement incessant des composants ultimes de la matière. Depuis la fin du siècle dernier, on sait aussi que ce désordre est indispensable pour la manifestation de l'irréversibilité temporelle, de la « flèche du temps ». Canailisez le mouvement des molécules, en les orientant par exemple toutes dans la même direction, vous n'avez plus de la chaleur mais du mouvement, de l'énergie cinétique ; or le mouvement est réversible : on peut faire rebondir une balle pour la faire revenir à son point de départ, tandis qu'on ne peut pas renverser un flux de chaleur. Il y a donc une différence de nature entre ordre et désordre à l'échelle moléculaire. Le désordre des mouvements manifestés par la chaleur contient l'irréversibilité en acte. Pour tenter de généraliser cette observation, je proposerai d'appeler « hasard naturel » chacune des manifestations du hasard marquée par un lien congénital entre désordre et irréversibilité. Il s'oppose au « hasard mathématique », celui des jeux de cartes, pour lequel les donnes les plus surprenantes peuvent sortir, disparaître et ressortir à nouveau, si l'on se donne la peine de battre les cartes suffisamment longtemps.

Ce préliminaire peut paraître évoquer inutilement une

magie du hasard. Le développement récent des théories du chaos déterministe donne en effet l'impression que le mystère du hasard est définitivement dévoilé : il ne s'agirait que d'une illusion, liée à l'extraordinaire variété de destins que connaissent souvent les systèmes physiques se trouvant à l'origine dans des états très voisins (ce que les physiciens appellent « l'instabilité par rapport aux conditions initiales »). Il est vrai qu'un système physique obéissant strictement à une loi déterministe, entraînant des évolutions réputées réversibles, peut donner lieu à des phénomènes qui ont toutes les apparences de l'aléatoire, à l'exemple des cyclones océaniques qu'un simple battement d'aile de papillon pourrait faire basculer du champ des possibilités à celui de l'existence. Mais il convient ici d'être rigoureux. Le chaos déterministe n'est en rien assimilable au hasard. Il s'oppose même à lui. Car, comme on le verra, il lui manque l'ingrédient essentiel, l'imprévisibilité *de principe*, que le vrai hasard de la thermodynamique statistique ne partage, en ce monde, qu'avec la mécanique quantique. Or, le fait de l'irréversibilité est présent dans presque toutes les situations envisagées par la science expérimentale et l'observation de la nature, et non pas seulement dans les phénomènes étudiés habituellement par la thermodynamique ou la mécanique quantique. N'est-ce pas le signe que le hasard devrait être explicitement introduit dans toutes les autres branches du savoir, universellement ? C'est l'opinion d'un physicien contemporain tel que Roger Penrose, qui pense que la future *theory of everything* sera une théorie quantique de la gravitation dotée des deux ingrédients essentiels que sont l'imprédictibilité et l'irréversibilité, ou ne sera pas.

D'un autre côté, l'objet de la science est de dévoiler les ordres cachés de la nature, et ses progrès mêmes témoignent que celle-ci n'est pas seulement non-sens ou absence de causes. Les physiciens du siècle dernier se demandaient déjà comment le hasard pouvait engendrer l'ordre, et beaucoup de biologistes depuis Darwin se sont posé la question de savoir comment l'évolution imposante des êtres vivants, avec

l'émergence de la complexité et de la conscience qui lui semble associée, pouvait trouver une explication dans le jeu aveugle des mutations.

On connaît la réponse des partisans de la théorie synthétique de l'évolution : c'est la sélection naturelle qui pousse les êtres vivants à toujours plus de complexité. Mais peut-on pour autant parler de progrès ? Le progrès de l'évolution est-il continu, inéluctable, ou bien au contraire n'est-il qu'une illusion ?

Darwin lui-même en doutait. « Les naturalistes, écrivait-il, n'ont pas encore défini, d'une façon satisfaisante pour tous, ce que l'on doit entendre par "progrès de l'organisation"...² ». Cette interrogation a été reprise en termes modernes par Motoo Kimura, par exemple, qui a montré qu'en de nombreuses instances les mutations et réorganisations du matériel génétique sont neutres pour le progrès de l'évolution, et ne peuvent donc l'expliquer³. De leur côté, Daniel Brooks et E. O. Wiley proposent d'interpréter le progrès apparent de l'évolution comme un simple effet de perspective⁴. Selon eux, la diversité des systèmes vivants augmente bien comme le veut la loi d'accroissement de l'entropie, mais dans une mesure bien moindre que la diversité des variations théoriquement imaginables, à cause des contraintes de l'hérédité. En d'autres termes, le nombre d'organismes vivants réellement existants croît beaucoup moins vite que le nombre de niches écologiques rendues accessibles par l'évolution, au fur et à mesure que les organismes incorporent et organisent une quantité plus importante de matière. En outre, comme l'a remarqué avec talent Stephen J. Gould, on a tort de se représenter l'évolution des êtres vivants comme un arbre aux branches buissonnantes : la plupart de ces bran-

2. Charles LENAY, *Enquête sur le hasard dans les grandes théories biologiques de la seconde moitié du XIX^e siècle*, thèse de doctorat (non publiée) de l'université de Paris-I, 1989, p. 127.

3. Motoo KIMURA, *Théorie neutraliste de l'évolution*, Flammarion (pour la traduction française), Paris, 1990.

4. D. BROOKS et E. O. WILEY, *Evolution as Entropy*, University of Chicago Press, 1986, rééd. 1988.

ches sont des rameaux morts, témoins de formes de vie disparues à jamais⁵.

Passant outre aux propres scrupules de Darwin, les disciples de ce dernier ont brandi l'étendard du darwinisme pour proposer de façon militante une explication laïque du progrès visible de l'évolution. Dans le camp adverse, partisan d'une explication théologique, on ne s'y trompait pas. Ce qui rendait le transformisme darwinien inadmissible aux yeux de beaucoup des contemporains de Darwin, c'était précisément qu'il ne pouvait pas être récupéré par la théologie naturelle. Il était hors de question pour eux de laisser le hasard et la lutte pour la vie modeler le destin du monde vivant. Il est exact que de son côté Darwin affirmait l'indifférence totale de la variation par rapport à la sélection, c'était là pour lui la définition même de ce qu'il appelait une variation naturelle. Il instituait par là une coupure presque étanche entre les deux ordres de phénomènes, qui ne permettait pas d'envisager que ces deux aspects puissent être assortis et soumis à quelque plan divin préétabli.

Darwin ne cherchait pourtant pas lui-même à offenser les croyants, et professait à l'égard de la religion un agnosticisme prudent. Son propos était à la fois plus modeste et plus ambitieux. Sur le plan scientifique, ce qu'il cherchait en fait à montrer, c'est que le hasard avait une réalité *objective*, ou du moins et plus précisément que le hasard avait dans sa théorie le même statut de réalité que les autres entités théoriques.

C'est cette problématique que je voudrais réexaminer aujourd'hui, enrichie de tous les apports d'un siècle et demi de recherche scientifique. Celle-ci, qu'elle se soit tournée vers la physique et les espaces immenses libérés par l'explosion initiale de l'Univers, vers la physique des particules élémentaires et la chimie des systèmes dissipatifs, ou vers les bourgeonnements de l'arbre de vie inventant des espèces nouvelles, a découvert que dans toutes ces étapes essentiell-

5. Stephen J. GOULD, *La vie est belle. Les surprises de l'évolution*, Le Seuil, Paris, 1991. Voir en particulier la figure reprise dans ce livre p. 105.

les le hasard joue un rôle prééminent. Comme un artificier qui fait apparaître par gerbes les féeries scintillantes dans l'homogénéité de la nuit, le hasard crée devant nos yeux et pour ainsi dire par explosions successives la plupart des merveilleuses constructions de la nature. Couronnant le foisonnement de ses explosions, il semble avoir inventé tout exprès la sexualité et ses loteries imbriquées les unes dans les autres, pour faire de nous, qui sommes pour ce temps les derniers figurants de cette formidable fresque, véritablement des *Fils du hasard*.

I

Le hasard classique

Brève préhistoire de la notion de hasard

De l'Antiquité jusqu'au ^{xix}e siècle, c'est surtout à propos des activités ludiques que l'on évoque l'idée de hasard. Cependant au cours des siècles la notion de hasard a été appliquée à d'autres situations, en particulier à l'incertitude des témoignages (en particulier devant la justice), et à la comptabilité des occurrences d'un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles (élaboration de statistiques). Chacune de ces applications a conduit à un élargissement de la notion de hasard, ou plutôt à la présentation d'interprétations concurrentes des probabilités. Toutes ces interprétations prémodernes partagent cependant un fond commun. Pour elles, le hasard n'est qu'un nom inventé par pure commodité pour résumer une situation embrouillée, et non pas une réalité qui échapperait aux déterminations usuelles des choses. Le hasard est le voile dont on recouvre notre ignorance concernant les causes des événements, sans qu'on mette en doute l'existence de ces dernières.

Fortune et hasard

Le modèle de hasard ludique est l'agitation de dés dans un cornet ou le battage d'un jeu de cartes. Le mouvement des dés dans le cône de cuir, leur trajectoire heurtée sur la table sont trop compliqués pour être suivis pas à pas ; de même, la danse habile des doigts du batteur de cartes est trop rapide pour que l'on suive tous les changements de rang d'une carte donnée. Ces préparations fournissent, en fin de compte, des situations qui ont toute l'apparence de fruits du hasard. Mais les joueurs n'ont pas besoin d'évoquer une solution de continuité ou une rupture de causalité au cours de leurs manipulations.

L'Antiquité, le Moyen Age, et la période classique avaient dans l'ensemble une grande répugnance pour l'idée fondatrice du hasard, celle d'une absence radicale de cause. Ces âges peuvent au fond être qualifiés d'ultra rationnels, dans la mesure où tout événement, pour être accepté par l'esprit humain, devait avoir une explication, une raison. Il devait pouvoir être rattaché à une cause, quitte à ce que celle-ci soit d'ordre mythologique : le tonnerre effrayant est le bruit de la dispute des dieux, etc. Le triomphe de la religion chrétienne en Occident ne diminue pas, bien au contraire, ce besoin de rationalité. Ce dont la raison nous échappe ne peut survenir sans l'ordre divin. Pour imiter la sagesse divine, l'homme ne doit pas soumettre son destin aux errements des jeux : parce qu'il brouille le fil clair d'un destin ordonné, le hasard est suspect d'être l'habit du Prince des Ténèbres.

L'Antiquité admet bien la notion de contingence, c'est-à-dire d'événements qui peuvent survenir ou ne pas survenir dans le futur, mais, à l'exception notable de Lucrèce, elle ne se compromet pas trop à leur sujet sur l'absence objective de cause. On se souvient que pour Platon la substance primitive du monde est chaos, mais le Démonurge intervient, précisément pour lui donner forme. Une première réserve sur la nécessité du monde est exprimée par Aristote. Dans son traité *De l'interprétation*, celui-ci discute longuement de la notion de contingence, à laquelle il attache une grande impor-

tance, s'agissant des événements terrestres et sublunaires (par opposition aux événements nécessaires des sphères célestes externes). Dans ce texte, Aristote remarque déjà que toutes les éventualités possibles pour un événement contingent n'ont pas nécessairement la même chance de se réaliser. Ce en quoi Aristote se montre ici comme en d'autres domaines un étonnant précurseur (les *propensités* popperiennes n'ont-elles pas d'étranges ressemblances avec les *potentialités* aristotéliennes, tout comme d'ailleurs avec les *potentia* d'Heisenberg¹ ?).

Le hasard n'ayant pas d'antécédent, on ne doit pas s'étonner si les anciens variaient dans leurs efforts pour lui en attribuer. Ainsi, chez les Grecs et les Romains, la gauche et les événements survenant par la gauche sont d'abord interprétés comme d'heureux présages, puis au contraire comme l'indice de malheurs à venir. Contrairement à ce que certains pourraient être tentés de nous faire croire, l'association de l'idée de gauche avec d'aussi sombres prévisions n'avait pas, à l'époque, de contenu politique ! La vérité est qu'entretemps les Romains avaient finement observé que la main gauche est celle avec laquelle on dérobe les bijoux des passants. Le mot qui la désigne en latin, *sinistra*, est à l'origine de notre usage du mot « sinistre » appliqué aux présages et aux événements funestes. Mais les Romains disposaient aussi du mot *fortuna*, qui est à l'origine de notre expression « à la bonne fortune », à la connotation beaucoup plus heureuse. La fortune, c'est la chance qui sourit à l'enfant bien né ; mais chacun peut réclamer ses faveurs et saisir à l'occasion ses largesses. On peut aussi la provoquer. La bonne fortune seule donnait une chance au manant, ou au mal-né, de subvertir l'ordre établi et de conquérir par un haut fait de guerre, par exemple, les titres que la naissance vous a refusés. Même si l'épopée racontée dans un roman tel que *Ben Hur* est très caricaturale, bien des roturiers romains et des esclaves ont pu ainsi redresser un sort qui leur était défavorable.

1. Cf. W. HEISENBERG, *Physique et Philosophie*, rééd. Albin Michel, Paris, 1971, p. 240.

Le hasard une première fois apprivoisé

Le mot hasard lui-même est d'origine arabe. On pense que les croisés se sont familiarisés, au cours de leurs lointaines expéditions, avec les jeux de dés, alors pratique courante chez les Moyens-Orientaux. Comme ces populations appelaient les dés *az zahr*, l'habitude fut bientôt prise d'appeler du seul mot de « hasard », surtout en relation avec les activités ludiques, ce que les générations précédentes appelaient tantôt « sort », « fortune », « chance » ou « aléas ».

Une première approche mathématique des jeux de hasard voit le jour au XVII^e siècle, à l'occasion des échanges épistolaires entre le chevalier de Méré, féru de jeux de dés, et Blaise Pascal. Le 29 juillet 1654, celui-ci, malade et alité, écrit fébrilement au chevalier pour lui dire qu'il a résolu le problème qu'il lui avait posé. La notion centrale qu'il utilise dans ce premier exemple de solution mathématique d'un problème de hasard est celle de *jeu équitable*², c'est-à-dire que les décisions doivent en dernier recours être basées sur ce que nous appellerions aujourd'hui *l'espérance de gain* de chaque joueur. Ainsi, on aurait tort de croire que la première notion dégagée à propos de la théorie du hasard soit celle de probabilité : dans les premières discussions de Pascal avec le chevalier de Méré, on ne nomme pas précisément les probabilités, et Pascal remarque même de la façon la plus vague que « le hasard est égal », ce qui laisse entendre qu'il n'envisageait que les cas d'équiprobabilités.

Un nouveau pas est franchi dans la théorisation des jeux avec la parution en 1713 du livre de Jakob Bernouilli *Ars Conjectandi*, dont l'accent est déjà nettement plus économique. Nicholas Bernouilli, le frère de Jakob, sera parmi les premiers à composer des tables d'annuités. Les deux frères

2. On peut rapprocher cette préoccupation d'équité des premiers assouplissements de la doctrine jusque-là rigide de l'Église catholique sur les prêts usuriers. C'est en 1645 que les jésuites obtinrent pour la première fois une dispense de la sacrée congrégation de la Foi pour les convertis chinois qui pratiquaient le prêt à intérêt (à 30 % !), à la condition que soit prise en compte une « juste » répartition des risques.

élargiront aussi les questions liées au hasard à l'évaluation de la vraisemblance des témoignages en justice.

Ce n'est qu'à la fin de cette période, vers le milieu du XVIII^e siècle, que la notion de probabilité va émerger comme notion primitive et être utilisée comme telle dans les théories du hasard³. Quand Laplace écrit enfin sa *Théorie analytique des probabilités*, il lui donne la place d'honneur, sous la forme classique de rapport entre le nombre de cas favorables et le nombre total de cas possibles, étant entendu que les divers cas considérés sont supposés également possibles. Ce qui soulèvera plus tard les remarques ironiques de Poincaré, selon lesquelles cette définition revient à définir le probable par le probable. Mais entre-temps, le champ des applications du calcul des probabilités s'était largement agrandi, et l'habit qui avait été taillé pour elles⁴ était devenu notoirement trop étroit. La recherche des fondements épistémologiques et axiomatiques de la théorie des probabilités s'imposait, indépendamment même des applications économiques qui commençaient à poindre.

Statistiques et assurances

La pratique des statistiques se perd dans la nuit des temps. Du moins peut-on remarquer quelques signes certains de sa généralisation au cours du XVII^e siècle. A l'origine le terme était employé dans une acception fort différente de ce qu'elle est aujourd'hui (comme l'étymologie le suggère, il s'agissait alors de la « science des états »). Ce n'est que vers 1830 que le sens donné à ce terme évolue, d'abord vers celui de

3. L'origine du mot *probabilité* serait liée à la casuistique, selon laquelle toute transgression peut être absoute du moment qu'un théologien ou un autre a pris, sur le sujet, une position indulgente. Le mot serait donc, à l'origine, associé à une sorte de relativisme. Voir E. F. BYRNE, *Probability and Opinion. A Study in the Medieval Presuppositions of Post-Medieval Theories of Probability*, Martinus Nijhoff, La Hague, 1968.

4. A savoir, les probabilités envisagées comme résultant des symétries constatées dans l'énoncé des situations, ou comme traduction numérique des impressions subjectives de telle ou telle personne à propos des chances qu'un événement survienne.

« science numérique de la société », puis, vers la fin du siècle, vers son acception actuelle de traitement des données en nombre et d'art de la prédiction à partir de leur étude, quel que soit l'objet sur lequel porte le recensement.

En 1693, l'astronome britannique Edmund Halley (celui qui légua son nom à la comète la plus célèbre du système solaire) publie les premières tables complètes de mortalité, faisant référence à l'âge des défunts⁵. Il introduit à cette occasion la notion de courbe de survie et définit l'espérance de vie. Halley, comme Nicholas Bernouilli l'avait fait sur la base d'autres données, en déduisit quelle devait être l'augmentation des primes d'assurances sur la vie en fonction de l'âge pour un système d'assurance équitable, mais leurs travaux furent superbement ignorés des professionnels, pour des raisons qui apparaissent aujourd'hui assez claires.

La pratique des sociétés d'assurances s'apparentaient, au XVIII^e siècle, à des paris ludiques. Elles se ménageaient, d'ailleurs, de confortables marges de profit et ne voyaient pas l'intérêt de plus justes appréciations des risques qu'elles encourageaient, fussent-elles mathématiquement justifiées. En outre, à leurs yeux la variabilité des risques était trop grande, en ces temps incertains de piratage, d'épidémies, de brigandage, d'incendies monstres et de guerre, pour que ceux-ci soient représentés par les sages moyennes des statisticiens.

En raison même de leur ressemblance avec des maisons de jeux, les sociétés d'assurances ont rencontré, à l'origine, un sérieux problème de respectabilité. D'autant plus qu'à l'époque, rappelons-le, la pratique des jeux d'argent était considérée comme immorale, voire illégale. Un décret papal (*Naviganti* par le pape Grégoire IX) interdit formellement, au XIII^e siècle, les pratiques ordinaires d'assurance maritime. Au milieu du XVI^e siècle, les juristes s'efforcèrent de dégager la notion de contrat équitable, sur la base d'une juste proportion entre le risque encouru et la prime payée. Mais les assureurs, assimilés à des joueurs, durent acquérir chèrement

5. Ces premières tables de mortalité reprenaient les données rassemblées par le pasteur protestant de Breslau à la demande de Leibniz.

le droit d'exercer leur commerce. Pendant un temps encore, la confusion régna entre le réflexe de jeu et de gain associé au risque, et la pratique prudente de l'assurance. Les contrats pratiqués au XVIII^e siècle furent presque tous plus proches du premier type que du second. Les énormes dispersions observées alors dans les risques naturels, ceux par exemple d'incendie ou les aléas des transports maritimes, ne favorisaient pas encore une approche rationnelle de ces problèmes. Enfin, en Angleterre, des actes légaux passés en 1764 et 1774 (*Gambling Act*) fondèrent sur la notion d'intérêt légitime la distinction entre l'assurance et le jeu. Par exemple, le souscripteur d'une assurance sur la vie devait prouver son intérêt légitime et proportionné quant à la vie assurée, faute de quoi la souscription pouvait être déclarée nulle et non avenue. Les assurances sur la vie n'en restèrent pas moins illégales dans la plupart des pays d'Europe jusqu'au XIX^e siècle. Progressivement, cependant, on comprit que bien loin de jouer sur le hasard, l'assurance tendait au contraire à diminuer les risques insupportables, à tempérer les injustices du sort, et était parfaitement compatible avec un comportement de bon père de famille.

C'était particulièrement le cas des assurances sur la vie. En 1762, la première entreprise d'assurances fondée sur les tables de mortalité, *The Equitable Society for the Assurances of Lives*, fut créée à Londres. Pour la première fois, les primes d'assurance étaient modulées en fonction de l'âge, et leur calcul reposait sur les tables de mortalité. Le prospectus initial de la société insista sur son caractère de mutuelle : le risque était diminué par sa répartition sur l'ensemble des assurés, les bénéfices ou les déficits éventuels seraient partagés. Mais en fait les fondateurs, craignant encore des fluctuations extravagantes, prirent des marges très confortables et assurèrent l'accroissement rapide de la richesse de leur entreprise. En outre, dans la pratique des professionnels de ces premières assurances transparaît la difficulté de bien appréhender les rapports de la probabilité au temps. Alors que les promoteurs tendent à identifier temps et augmentation de l'incertitude, ne serait-ce qu'en raison des plus grandes possibilités

d'apparition d'une épidémie ou de changements imprévus dans les conditions d'un voyage, les théoriciens des probabilités, au contraire, savent que les régularités annoncées par la théorie ne se dévoilent qu'avec le temps, grâce à l'accumulation patiente d'expériences.

L'introduction des statistiques dans les problèmes d'assurance marque un tournant fort important dans le traitement théorique du hasard. En fait, il s'agit bien de l'origine de l'interprétation « fréquentiste » des probabilités, en rupture avec les approches antérieures, fondées sur les jeux de hasard (dans lesquels la probabilité est appréciée à partir de considérations de symétrie) ou bien sur des jugements subjectifs, comme dans le cas de la vraisemblance des témoignages en justice.

L'utilisation des tables de mortalité pour l'évaluation des probabilités de survie marque le premier exemple concret d'une approche fréquentiste des probabilités. On peut en trouver le fondement dans la distinction faite par Jakob Bernouilli entre probabilités *a priori* (dans lesquelles les symétries entraînent l'équiprobabilité), et les probabilités *a posteriori* (lorsque les probabilités sont estimées à partir des statistiques de résultats). Assez remarquablement, Leibniz objecta déjà à cette époque que les statistiques étant nécessairement limitées, le choix de représenter les probabilités par une série concrète de résultats plutôt que par une autre est arbitraire. Bernouilli fut contraint de répondre qu'on pouvait supposer que « la nature suivait les chemins les plus simples », ce qui revient à supposer que toutes les situations aléatoires admettent, en leur fondement, quelque distribution uniforme des probabilités. Dans le cas des tables de mortalité, cette exigence était assez difficile à traduire, et les premiers traités sur le sujet se trompèrent grossièrement, en affirmant contre toute évidence l'équiprobabilité des chances de mortalité à tout âge !

Mesurer les probabilités

A la fin du XVIII^e siècle, on dispose finalement de trois méthodes pour la mesure des probabilités affectées aux diverses éventualités se présentant dans une situation hasardeuse :

a. L'examen des symétries physiques présentes dans un problème concret permet souvent d'attribuer des probabilités égales pour les différentes issues possibles d'une situation commandée par le hasard. Ainsi, la symétrie d'un cube pour différentes rotations dans l'espace conduit à attribuer à la sortie de chacune des figures inscrites sur la face d'un dé une probabilité égale à $1/6$.

b. Certains penseurs à l'esprit plus sensible aux questions psychologiques, mettent en valeur l'aspect subjectif des probabilités en tant que croyance intime et éminemment personnelle concernant les espoirs et les risques liés à la survenue des différents événements possibles. Cette position, assez naturelle chez les hommes de loi par exemple, n'est pas la plus facile à défendre. Comment peut-on espérer tirer des lois d'une théorie fondée sur une définition aussi subjective des probabilités ? Comment même garantir l'intersubjectivité⁶ du discours sur le hasard dans ce cadre, condition minimale pour que ce discours puisse être qualifié de scientifique ?

c. Enfin, la dernière approche voit le jour avec le développement des méthodes statistiques. Elle fait reposer l'évaluation des probabilités sur l'observation patiente des fréquences observées. On provoque activement la répétition des situations hasardeuses pouvant conduire à plusieurs issues possibles, tel un jet de dé, ou bien on attend sa répétition naturelle, comme dans les statistiques sur la pluviosité. Chaque observation enrichit la statistique d'une unité. Les pourcentages des différentes issues observées dans les épreuves

6. L'intersubjectivité est la propriété qui garantit que le jugement de vérité ou de fausseté porté sur une proposition ne dépend pas de la personne qui porte ce jugement. Un jugement intersubjectif est nécessairement unanime. La science demande que les propositions qu'elle énonce soient acceptées par tous (sur l'évidence des observations), mais n'exige pas nécessairement que ces propositions reflètent des propriétés objectives du monde : c'est le débat entre positivistes et réalistes.

passées déterminent, par définition, les probabilités affectées à chacune d'elles pour un essai futur (noter qu'on parle de statistiques pour les cas passés, et de probabilités pour les cas futurs). Une telle démarche dérive de façon naturelle des pratiques statistiques concernant, par exemple, les tables de mortalité et de natalité.

Les raisons cachées de l'aléatoire

Les hommes de science du XVIII^e siècle ont semblé fascinés par l'idée que, par-delà le désordre fondamental qui préside à l'occurrence d'événements aléatoires, ceux-ci semblaient obéir à quelque raison supérieure, qui les force à manifester dans leur ensemble certaines régularités. Plus précisément, la justification invoquée des lois du hasard insiste sur la réalité des causes des régularités observées : l'approche des probabilités est marquée alors par une vision platonicienne des phénomènes hasardeux. Pourquoi la fréquence des couleurs au cours d'une suite répétée de tirages dans une urne contenant par exemple des boules bleues et rouges tend-elle vers la proportion des unes et des autres ? Parce que, dit-on alors, cette proportion est la *cause* réelle de la régularité observée. Pourtant elle ne figure pas dans les données dynamiques du problème concret du résultat du tirage d'une boule particulière : il n'y a pas de relation dynamique entre la composition d'une urne et la chaîne des étapes mécaniques qui aboutissent au résultat d'un tirage donné. Autre exemple, source d'un non moins grand étonnement, la régularité des taux de mortalité. Observée dès 1741 par le pasteur allemand Johann Süssmilch, elle permet de définir une sorte de courbe idéale des risques de mortalité. On admet donc, avant que l'interprétation fréquentiste des probabilités soit élaborée, que les régularités empiriques rencontrées dans les phénomènes régis par le hasard révèlent l'existence d'un monde platonicien de causes et de raisons, qui transcendent en un sens les événements concrets de la vie quotidienne.

Ces régularités, dira-t-on aujourd'hui, sont précisément construites par le hasard même, en vertu des lois des grands nombres. Mais c'est là un argument que ne pouvait pas recevoir un homme du XVIII^e siècle, imperméable à l'idée d'un ordre issu du hasard.

Forts de ces observations, les théologiens tentent de récupérer le hasard et font valoir que Dieu tient celui-ci pour ainsi dire en laisse, fixant par avance les limites des variations que les cumuls de variables aléatoires peuvent endosser. L'exemple le plus admirable de la sagesse divine et le plus convaincant de son intervention est trouvé dans la répartition des sexes à la naissance. Ne voit-on pas que le taux de natalité des garçons surpasse celui des filles, dans la proportion de 21 à 20 ? Dans sa sagesse Dieu n'a-t-il pas prévu ainsi de compenser l'humeur batailleuse des garçons adolescents, dangereuse pour leur survie, pour rétablir à l'âge du mariage une proportion parfaitement harmonieuse entre les sexes ?

Dans cette optique d'un hasard muselé, les hommes de science eux-mêmes trouvent des arguments supplémentaires pour admettre que l'introduction des probabilités n'est qu'un recours ou un expédient provisoires, liés seulement à l'ignorance provisoire des causes profondes qui régissent les phénomènes paraissant soumis au hasard.

Le XIX^e siècle bouleversera cette façon de voir, de manière progressive d'abord, notamment grâce à la proposition par Antoine Augustin Cournot d'une définition catégorielle des événements hasardeux. Ceux-ci, propose-t-il, sont à la croisée de deux chaînes d'événements, chacune d'elles liant les événements les uns aux autres par une suite de causes et d'effets. Mais chaque chaîne est totalement indépendante de l'autre. Puis le bouleversement se confirmera, de façon aussi révolutionnaire qu'insidieuse, à l'occasion d'une année *mira-bilis* : 1859. Rompant avec l'épistémologie laplacienne, le hasard est évoqué par deux fois, au cours de cette même année, en tant qu'élément à part entière d'une explication scientifique. A quelques mois de distance, en effet, James Clerk Maxwell fonde la mécanique statistique des gaz en expliquant les propriétés énergétiques de ceux-ci par l'agita-