LE HASARD DANS DIFFÉRENTS DOMAINES SCIENTIFIQUES

Selon Nicolas Gauvrit, les domaines qui, en mathématiques, peuvent nous apprendre quelque chose sur le hasard sont :

- les probabilités (qui englobent la théorie ergodique) ;
- les systèmes dynamiques (dont la théorie du chaos) ;
- la théorie des graphes ;
- la sémantique de Kripke en logique ;
- la théorie algorithmique de l'information, en informatique théorique.

- En théorie des probabilités et en statistique, on parle de variables aléatoires, c'est-à-dire de distributions de probabilité. Dans les matrices aléatoires, les nombres rangés en ligne et colonnes sont tirés au hasard. Plusieurs propriétés statistiques universelles ont été découvertes, les mêmes quel que soit le type de hasard utilisé. Les matrices aléatoires se retrouvent dans quantité de situations du quotidien (temps d'attente de la rame du métro, tsunamis, cours de bourse, etc.) et se sont révélées fécondes en mathématiques (nombres premiers), en biologie (forme des protéines) et en physique théorique (niveaux d'énergie des noyaux atomiques, conduction électronique, etc.)[9]

Les sciences exactes sont celles qui cherchent à réduire le plus l'effet de hasard.

- En informatique, le terme « hasard » peut paraître assez incongru, mais lorsque l'on parle de « hasard », on veut surtout parler de génération de nombres « pseudo-aléatoires » : la logique qui les sous-tend est supposée suffisamment éloignée du problème où on les injecte pour ne pas se distinguer d'une suite « réellement » aléatoire.
- En mathématiques, les décimales de pi n'ont rien d'aléatoire, mais la distribution des chiffres ou des groupes consécutifs de N chiffres de ses décimales ont cependant les caractéristiques d'un phénomène aléatoire.

- En théorie algorithmique de l'information, la notion de « suite aléatoire » possède des définitions précises.

Les systèmes chaotiques et hasardeux régissent un grand nombre de phénomènes naturels.

- En physique, des phénomènes sont représentés comme des aléas. C'est le cas, par exemple, en mécanique quantique ou en théorie cinétique des gaz.
- En biologie, les lois de l'hérédité suivent les lois du hasard (« Ce sera un garçon ou une fille ? »). L'évolution du monde vivant se fait en partie au hasard : on parle de contingence de l'évolution, c'est-à-dire d'un hasard mettant en jeu des paramètres si nombreux et si complexes qu'ils ne peuvent être déduits dans l'état actuel de la science (on ne dispose pas de lois de probabilité).
- En médecine, certaines maladies multi-factorielles (cancer…) ne sont pas prévisibles.

Les sciences humaines et sociales comportent une forte part de hasard :

- en économie, le manque de prévisions fiables montre que cela dépend du hasard ;
- en sociologie, les sondages se font sur des personnes tirées au hasard ;
- en psychologie, la théorie dite des « probabilités subjectives » étudie la manière dont nous percevons le hasard.

Moyens d'appréhender le hasard

- Comprendre les phénomènes pour les prévoir :
    - par une méthode scientifique et expérimentale ;
    - par une méthode empirique (« D'expérience, je sais que cela va se passer comme cela »).

- Plus on considère un grand nombre d'expériences ou des échantillons importants, plus on réduit l'effet de hasard. Par exemple, quand on lance une pièce équilibrée, plus on réalise de lancers, plus il est probable que le nombre (« relatif au nombre total de lancer ») de piles obtenus soit proche du nombre de faces (par exemple, pour 1000 lancers, la probabilité que la différence entre ces deux valeurs soit moins de 20 est 49 %[11] ; alors que pour 10 000 lancers, la probabilité que la différence entre ces deux valeurs soit moins de 200 (ce qui est équivalent à 20 pour 1000) est 96 %[12]). En termes mathématiques, ces résultats sont donnés par la loi des grands nombres, par exemple.

Formalisation du hasard

Scientifiquement, l'acquisition des possibilités de traitement des grands nombres a permis d'étudier les conditions de l'apparition et du développement des formes de hasard :

- la théorie des probabilités que Blaise Pascal a largement contribué à fonder,
- la remise en cause de l'espérance mathématique comme critère universel d'utilité par Émile Borel en 1928,
- la mathématisation de la notion de « hasard » par Andreï Kolmogorov avec la notion de complexité de Kolmogorov,
- la mathématisation de la contingence par Andreï Kolmogorov en 1931 (avec les équations *forward* et *backward*),
- l'usage des probabilités dans les questions de stratégie militaire ou économique par la théorie des jeux de John von Neumann et Oskar Morgenstern en 1944 (stratégies mixtes),
- la mathématisation du hasard de l'observation dans les phénomènes quantiques (relations d'incertitude de Heisenberg).

On y trouve un écho de la philosophie de Démocrite, selon laquelle « Tout ce qui existe est le fruit du hasard et de la nécessité ».

Le hasard du mouvement et de la rencontre des atomes les uns avec les autres, déjà exposé chez Démocrite, sera revisité par la mécanique quantique, pour laquelle le hasard ne peut se définir que là où il y a un observateur (les fonctions d'onde sont en effet parfaitement déterminées ; seule leur « réalisation » est aléatoire).[réf. nécessaire]

- Il importe de ne pas confondre le chaos et le hasard : le comportement erratique de systèmes résulte d'un enchevêtrement de séries causales engendrant des conflits d'actions, qui semblent indépendantes car trop complexes pour être analysées. Le hasard, lui, exprime simplement une absence d'information, que celle-ci puisse exister ou non. Néanmoins, les systèmes chaotiques sont couramment utilisés dans les générateurs de hasard.

- La complexité n'intervient pas non plus en tant que telle : on peut créer nombre de modèles extrêmement simples, et qui obéissent pourtant à un processus imprévisible, ou dont le comportement paraît déconcertant. Une fonction d'émergence se manifeste souvent dans les systèmes complexes observés, et a suggéré la notion d'auto-organisation.

Le hasard peut souvent être transcrit en lois probabilistes. Probabilités et statistiques permettent une plus fine observation du monde et donc des projections plus rigoureuses dans l'avenir.

Mais une distinction fondamentale doit être faite quant aux différentes formes de hasard : comme le montre Mandelbrot dans *Hasard, fractales et finance*, il existe deux types de hasard, le hasard « bénin » et le hasard « sauvage ». Pour le hasard bénin, quand le nombre d'observations augmente, les fluctuations sont de moins en moins importantes (c'est la loi des grands nombres), la loi est gaussienne (c'est le théorème central limite) et le présent est indépendant du passé suffisamment éloigné. Le hasard « sauvage » est très différent puisqu'il correspond à des lois où une simple observation peut changer une moyenne faite de plusieurs milliers d'observations, il rend compte des évènements « catastrophiques » ou « pathologiques ».

> « [le hasard sauvage] est très vilain, car il ne permet pas de raisonner en termes de moyennes. Si vous prenez dix villes de France au hasard et si vous ratez Paris, Lyon et Marseille, vous allez faire chuter la taille moyenne dans votre échantillon. Si vous prenez dix villes, dont Paris et neuf villages, la moyenne n'autorise aucune conclusion sur les populations de villes tirées au hasard. » (B. Mandelbrot)

Cette différence montre que l'inférence statistique, c'est-à-dire le fait de déduire d'un échantillon de données de l'information sur le processus qui génère cet échantillon, est une opération éminemment complexe en statistique inférentielle.

Utilité et utilisation du hasard

On utilise le hasard afin de simplifier les analyses, mais pas seulement : de nombreux phénomènes réels étant imprévisibles, on a besoin de savoir utiliser le hasard si on veut les copier ; c'est notamment le cas pour les simulations.

Les théories des jeux prennent en compte le hasard. Celle des jeux « économiques », de John von Neumann et d'Oskar Morgenstern, montre que les stratégies optimales pour contrer un adversaire sont parfois des stratégies mixtes : il est difficile de prévoir vos mouvements si vous les tirez au hasard, mais encore faut-il effectuer ce tirage d'une façon optimale pour vous et le moins favorable possible pour votre adversaire.

La compréhension et la maîtrise des jeux de hasard nécessitent quant à elles une bonne modélisation du hasard.

Les méthodes de calculs numériques basées sur le hasard sont nommées « Méthodes de Monte-Carlo ».