

Revue Internationale de

ISSN 0980-1472

systemique

Vol. 2, N° 1, 1988

afcet

Dunod

AFSCET

Revue Internationale de

systemique

**Revue
Internationale
de Sytémique**

volume 02, numéro 1, pages 47 - 62, 1988

Hasard et systèmes, quelques remarques

Jacques Bonitzer

[Numérisation Afscet, janvier 2016.](#)



Creative Commons

mation tenant compte de la signification des symboles, *Annales des Télécommunications*, Vol 39, Nos 11-12, pp 523-537, 1984.

- [11] JUMARIE G., *Subjectivity, Information, Systems. Introduction to a Theory of Relativistic Cybernetics*, Gordon and Breach, London, New York, 1986.
- [12] JUMARIE G., Some approaches, to the measure of the amount of information involved by a form, *Sujet. Analysis, Modelling, Simulation*, Vol 3, No 6, pp 479-506, 1986.
- [13] JUMARIE G., A Minkowskian theory of observation. Application to uncertainty and fuzziness, *Fuzzy Sets and Systems* (to appear), Vol 24, No 1, 1987.
- [14] JUMARIE G., Analysis of nonlinear stochastic distributed systems by using the dynamic equations of their state moments, *Proceedings of the 1987 American Control Conference*, IEEE Publications, New York, 1987.
- [15] JUMARIE G., *Relative Information. Theories and Applications*, Springer Verlag, Berlin, New York (to appear), 1987-1988.
- [16] MANDELBROT B.B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York, 1977, 1982, 1983.
- [17] NYQUIST H., Certain topics in telegraph transmission theory, *AIEE Trans.*, Vol 47, 9617, 1928.
- [18] SHANNON C.E., A mathematical theory of communication I, II, *The Bell System Technical Journal*, Vol 27, pp 379-423, 623-656, 1948.

HASARD ET SYSTEMES, QUELQUES REMARQUES

Jacques BONITZER

Professeur Honoraire ¹

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

Résumé

Le renouvellement de la théorie des Probabilités au XXe siècle, et les problèmes des Systèmes, appellent un renouvellement correspondant de l'épistémologie du hasard. L'article insiste particulièrement sur l'existence de structures spécifiques sous-jacentes à tout phénomène aléatoire, sur le rôle dominant et les implications des propriétés d'additivité en théorie des Probabilités, et sur la nécessité de comprendre le sujet soumis à des effets aléatoires comme sujet social.

Abstract

Renewal of Probability Theory in the XXth Century, as well of Systems problems, call for a renewal of Chance epistemology as well. The author particularly emphasizes following items : existence of specific structures underlying every chance phenomenon; ruling character and implications of additivity properties in Probability Theory ; necessity of considering subjects submitted to random effects with their social character.

Les modèles systémiques d'émergence du sens et d'organisation par le bruit font appel aux techniques du calcul des Probabilités et de la théorie de l'Information à un niveau tel, et de telle façon, qu'ils invitent à renouveler la réflexion épistémologique sur le concept même de hasard. Leur invite, au demeurant, ne fait que renforcer celle qu'implique le renouvellement en profondeur de la théorie des Probabilités

1. 8, rue Degas, F. 75016, Paris, France.

depuis le début du siècle. Peut-on encore se contenter d'acceptions des concepts probabilistes, vieilles parfois de près de trois siècles, objets de controverses épistémologiques qui n'arrêtent pas de se reproduire plus ou moins à l'identique ? Les remarques suivantes tendent à montrer que la question vaut au moins d'être posée, en même temps qu'à fournir quelques éléments d'une réponse possible.

I. Les conceptions classiques du hasard

Dans le volume *Logique et connaissance scientifique* de l'Encyclopédie de la Pléiade ([6], p. 526 et suiv.), B. Matalon, reprenant avec une autre terminologie une classification proposée par Savage, relève trois conceptions classiques du hasard — ou plus précisément, et la nuance on le verra n'est pas sans importance, du concept de probabilité : objectiviste, subjectiviste et logiciste. On peut ici laisser de côté cette dernière, qui sert surtout à justifier des compromis éclectiques entre les deux premières (fondés sur l'existence d'un fond de formalisme commun, supposé *a priori* dans un esprit néo-kantien).

Depuis le début du XVIII^e siècle (J. Bernoulli), c'est la conception subjectiviste qui fait figure de conception classique. Elle est encore défendue âprement de nos jours, surtout par des statisticiens (avec des contributions marquantes de De Finetti, Savage, et autres, entre 1930 et 1960). Laplace, qui devait par la suite adopter des formulations beaucoup plus prudentes et nuancées, l'exprimait dans un mémoire de jeunesse par une formule aussi bien frappée que sa fameuse profession de foi déterministe : «le hasard n'a... aucune réalité en lui-même : ce n'est qu'un terme propre à désigner notre ignorance sur la manière dont les différentes parties d'un phénomène se coordonnent entre elles et avec le reste de la Nature» ([5], p. 222).

Cette conception appelle toutes sortes d'objections de portées diverses, dont on peut ici faire grâce au lecteur. La plus forte, la plus convaincante et la plus générale est celle que Prigogine et Stengers expriment ainsi, à propos de la version que Gibbs en développa à la fin du XIX^e siècle, en relation avec ses travaux sur la Mécanique statistique :

Comment expliquer que l'interprétation subjectiviste ait pu convaincre certains scientifiques ? ... cette interprétation devient absurde dès... qu'on restitue le contexte qui conféra au second principe sa signification de flèche du temps au sein de la nature. Ainsi, l'affinité chimique, la conduction thermique dont Fourier souligna le caractère universel, la viscosité, l'ensemble des propriétés liées à la croissance irréversible de l'entropie, ne dépendraient pas de l'objet mais de l'observateur ? Ainsi la combustion irréversible au sein de la fournaise, le feu qui dévore la matière, seraient en rapport étroit avec la croissance de notre ignorance au sujet de ces objets ? [10] p. 213.

En d'autres termes : la conception subjectiviste est incompatible avec l'exigence d'objectivité de la science.

C'est assez tardivement, vers 1920, que prit forme la principale tentative systématique d'élaborer une conception objectiviste du hasard, avec les travaux de R. von Mises sur la structure des suites aléatoires (cf. [7]). Nous passerons sur l'historique du développement de cette conception (il en existe un excellent exposé de Dellacherie [3]), pour nous borner ici à la seule remarque suivante : c'est qu'il faut bien pour qu'une probabilité ou une distribution de probabilité se manifeste dans une suite aléatoire d'observations, que cette suite ait été *constituée* d'une façon ou d'une autre (elle n'est pas simplement *donnée*) — et par qui, sinon par l'«observateur», qui doit au moins prendre la décision consciente ou inconsciente de l'accepter ? On ne peut faire, semble-t-il, que l'«observateur» ne ressurgisse précisément là où on avait cru l'éliminer¹.

En résumé, il nous faut comprendre comment en matière de hasard l'exigence d'objectivité de la science peut s'articuler avec la nécessité incontournable de tenir compte de la présence d'un sujet.

Pour une première approche, nous partirons de deux situations particulières, l'une théorique (celle du jeu à deux joueurs, de somme nulle, à information complète, dit «le jeu» dans la suite, telle qu'elle est analysée par von Neumann et Morgenstern dans [8]), et l'autre pratique : celle du contrôle statistique de qualité d'une fourniture par un client.

2. Le jeu

Dans le jeu, selon l'analyse de von Neumann et Morgenstern, la probabilité émerge d'une façon complètement étrangère aux conceptions classiques : elle est une fonction de la *structure* du jeu définie par les règles de celui-ci, règles qui dictent aux joueurs d'avoir à se conformer à une certaine distribution de probabilité pour choisir leurs coups dans une situation d'information incomplète : ils doivent la simuler par leur style de jeu. S'il veut préserver ses chances de gain contre des adversaires de même force, le joueur de poker doit bluffer au hasard, ou «faire comme si» il bluffait au hasard, avec une distribution de probabilité dont les auteurs nous disent allusivement, mais sans ambiguïté, qu'elle s'impose à lui par un processus d'apprentissage dans le jeu contre des adversaires intelligents².

Dans un pareil jeu, chacun des deux joueurs est à ses propres yeux un sujet, qui *décide* des coups à jouer, tandis que son adversaire est un objet. Notons que l'objectivation de l'adversaire est liée au découplage des stratégies des deux joueurs, exprimé par le théorème du minimax : mon adversaire peut être supposé adopter la stratégie minimax (ou plutôt même être gouverné par elle) quelle que soit ma propre décision.

La probabilité se manifeste ainsi comme la propriété d'une structure ou d'un système (dans lequel on peut reconnaître des «hiérarchies enchevêtrées») *lorsqu'elle est vue du point de vue du théoricien des jeux*, tandis que le comportement de l'adversaire est vu comme *objectivement* aléatoire du point de vue *subjectif* de celui qui lui fait face.

Les premières conclusions de cette discussion répondent clairement à l'objectif que nous avons posé à la fin du précédent paragraphe. Il est une autre caractéristique de la théorie des Jeux, cependant, qui mérite d'être signalée dès maintenant, car elle annonce un second thème important de l'épistémologie du hasard : c'est que le modèle théorique du jeu exige que soient définis les gains et les pertes des joueurs, et qu'il pose que la finalité de chacun d'eux est de maximiser son gain (ou de minimiser sa perte) *en espérance mathématique*. Cela ne peut être justifié que par la loi des grands nombres, qui nous dit que dans une longue suite d'épreuves aléatoires, pas forcément de types identiques, mais dont les résultats peuvent être sommés entre eux, les excédents et les déficits par rapport à l'espérance mathématique (les «gains» et les «pertes») tendent au long terme à s'annuler en moyenne. Or, dans le cas des jeux, cela impose nécessairement que les gains et pertes soient évalués en valeurs monétaires (ou à la rigueur en utilités *linéarisées*, selon un modèle déjà proposé par Ramsay dans les années vingt, qui implique que l'on renonce au postulat d'évaluation purement subjective de l'utilité au sens de l'économétrie classique).

3. Contrôle de qualité

Un «client» reçoit un «lot» de produits d'un «fournisseur» : disons pour concrétiser, des billes pour roulements à billes, des condensateurs électriques, etc... Il en extrait par tirage au sort (ou en simulant un tirage au sort) un «échantillon» d'un nombre relativement petit de ces produits, qu'il soumet à des essais normalisés ; il décide d'accepter ou de refuser le lot selon que le nombre des éléments de l'échantillon qui sont déclarés «mauvais» aux essais est inférieur ou supérieur à une certaine valeur prédéterminée.

Ce «client» ne peut faire qu'il ne se prenne pour le sujet du contrôle, puisque c'est lui qui décide de l'acceptation ou du rejet. Un théoricien des tests, et moins encore un praticien de la normalisation, ne peut cependant adopter tout uniment ce point de vue. Il doit tenir compte de ce que le fournisseur est lui aussi un «sujet», qui décide des moyens financiers, techniques, organisationnels, qu'il consacre à son propre contrôle (son contrôle de *fabrication*), et ce sous la contrainte de maximiser son propre gain (en espérance mathématique), en tenant compte à la fois du coût d'obtention de la qualité et des pertes qui peuvent lui incomber du fait de rejets de ses fournitures par la

clientèle. De fait, les paramètres du contrôle de qualité vont ainsi être conditionnés (plus ou moins strictement) par la *structure objective du marché*.

Remarquons que le client méconnaît l'existence du fournisseur, comme sujet, comme personne ; il ne connaît que des fournitures. Il n'a même pas conscience que les rejets «par erreur» de fournitures convenables, dus aux aléas des tests, ont un coût *pour lui-même*, du fait des frais que le fournisseur doit engager pour se couvrir contre cette éventualité, et de leur répercussion sur les prix. Là encore, le statut de «sujet» qui échoit au client (et il en est de même du côté du fournisseur) résulte du découplage des stratégies des acteurs : lorsqu'un client est suffisamment puissant pour avoir une influence sur la stratégie de son ou de ses fournisseurs, le «jeu» change complètement de structure.

Peut-être faut-il encore se demander *qui* sont exactement les sujets du contrôle de qualité. En l'occurrence, les personnes individuelles qui en sont les acteurs n'interviennent pas tant comme des hommes *concrets*, avec toutes leurs particularités, que comme des *représentants* de «personnes morales» : les entreprises au nom desquelles, en vertu des finalités desquelles ils opèrent.

4. Qu'est-ce qu'un phénomène aléatoire ?

Ce que les deux discussions précédentes nous suggèrent d'abord, c'est que le hasard est la propriété d'une structure, ou d'un système. Reste à préciser quelle est la spécificité de cette structure, qui soit de nature à en faire le support d'un hasard ; et donc, à nous débarrasser d'abord des particularités des deux cas discutés.

Une première question tient au fait que ceux-ci se rapportaient à des situations de type social. Lorsqu'on a affaire à des phénomènes *naturels* aléatoires (mouvement brownien, désintégrations radioactives, mutations de l'ADN, etc...), l'union de l'objet et de l'observateur est-elle suffisamment organique pour mériter d'être analysée en termes de structure ? Autrement dit, se constituent-ils mutuellement comme objet et comme observateur ? La réponse paraît devoir être «oui», sans hésitation. Non seulement il en est ainsi dans les expériences scientifiques et dans les processus industriels, où l'objet est *préparé* par l'expérimentateur ou par le producteur, tandis que celui-ci est le préparateur de cet objet ; mais il en est de même dans la simple observation des phénomènes naturels : rappelons-nous la remarque faite à propos du formalisme de von Mises, sur la constitution par l'observateur de la suite aléatoire qui sert à définir une distribution de probabilité. On peut même aller plus loin : la présence d'un observateur humain n'est même pas indispensable. Il suffit du couplage de deux phénomènes naturels :

par exemple, dans le cas du réacteur atomique naturel d'Oklo (cf. [11], p. 91 et suiv.), le hasard appartenait à une structure caractérisée par le couplage d'un phénomène physique de désintégration radioactive et d'un phénomène géologique.

En second lieu, le découplage des stratégies des acteurs avait pour effet un «émiettement» de chacune d'entre elles en moments élémentaires, du point de vue de l'autre (par exemple des coups successifs d'un jeu, ou des opérations ponctuelles de contrôle). Remplaçons «stratégie» par «loi de comportement» : la caractéristique ainsi repérée paraît bien avoir une portée générale.

Enfin, nous avons noté que le raisonnement en espérances mathématiques nous disait (silencieusement) que chacune des stratégies était commandée par la prise en compte des effets cumulés (ou, ce qui revient au même, de l'effet moyen) des moments élémentaires du phénomène décomposé qui lui faisait face, au regard de sa finalité (ou de sa loi de comportement). Admettant la généralité de cette caractéristique à titre d'hypothèse, et sous réserve de la discussion qui va suivre, on peut donc avancer la définition suivante des phénomènes aléatoires en général :

Définition : *Un phénomène aléatoire est un phénomène associant dans une structure commune un ensemble de phénomènes élémentaires, (ou «microscopiques»), et un phénomène macroscopique, de telle sorte que l'évolution de ce dernier soit conditionnée par l'effet cumulé exercé sur lui par les premiers.*

Cette définition paraîtra sans doute insolite. Il faut bien voir à quoi cela tient. Contrairement à tous les usages (objectiviste aussi bien que subjectiviste), elle ne vise pas d'abord les *probabilités* comme éléments d'une représentation (dans l'esprit d'une philosophie positiviste), mais les phénomènes aléatoires eux-mêmes comme éléments d'une *réalité*. Sa justification consistera en particulier à montrer que dans bien des cas où l'on peut avoir l'impression de raisonner sur des probabilités dans un sens objectiviste ou subjectiviste, c'est bien de phénomènes aléatoires pris au sens de la définition ci-dessus qu'il s'agit ³.

5. Le hasard dans la réalité

Nous allons trouver une première illustration de la remarque qui vient d'être faite dans un passage de *La Nouvelle Alliance* relative au problème des trois corps (et plus concrètement du système Soleil-Terre-Lune) :

«... certains mouvements gardent leur caractère : le Soleil n'empêche pas la Lune d'avoir une trajectoire périodique ; mais d'autres types de trajectoires deviennent possibles et la possibilité qu'une trajectoire jusque-là périodique file jusqu'à l'infini ne peut plus être exclue. A long terme, le système plané-

taire est-il stable ? Voilà une question à laquelle la dynamique *ne peut plus répondre avec certitude...*» [10], p. 249.

Il en est ainsi, nous expliquent les auteurs, parce que l'ensemble des conditions initiales du mouvement qui correspondent à des mouvements instables est partout dense. Comment *dans ces conditions* définir une probabilité que le régime soit instable, alors qu'on ne connaît les conditions initiales que de façon approximative ? Eh bien, la réponse est qu'on *ne le peut pas* sur la seule base du modèle des trois corps ; plus exactement, transformer une mesure de Lebesgue (celle de l'ensemble des conditions initiales donnant lieu à des trajectoires instables) en une probabilité est une opération dont la légitimité reste sujette à caution.

Sans doute, toute représentation d'une réalité passe par une modélisation, mais les divers modèles qu'on peut mettre en œuvre représentent cette réalité de façon plus ou moins approchées, plus ou moins adéquate au problème à la fois *réel* et *pratique* posé au chercheur (dont il est bon de se souvenir qu'il n'est jamais seulement un observateur, mais aussi un acteur qui prend des décisions au vu de ses observations).

En l'occurrence, s'agissant du système *réel* Soleil-Terre-Lune, indépendamment même de l'action perturbatrice de tous les autres corps célestes, il faut bien voir que *tout se passe comme si les conditions initiales changeaient tout le temps*. En particulier, les masses des trois corps changent à chaque instant par accréation, évaporation, émission de rayonnements, etc... Compte tenu de la structure des solutions, avec ses discontinuités partout denses, il peut suffire de la chute d'une étoile filante sur la Terre pour faire passer le système d'un régime stable à un régime instable, ou réciproquement. Et le *mouvement réel du système est déterminé par les effets cumulés de ces changements*.

De façon plus générale, remarquons que la notion de «valeur vraie» des paramètres caractérisant un phénomène naturel (par exemple, des conditions initiales du mouvement des trois corps) ne se rapporte qu'à la *représentation* de celui-ci, non à sa *réalité*. Dire que la valeur d'un paramètre se trouve dans un certain intervalle de précision ne veut *jamais* dire qu'il existerait dans cet intervalle une valeur qui serait la «valeur vraie» de ce paramètre — et cela, parce que la réduction de l'intervalle de précision par un progrès des connaissances peut exiger une transformation de la définition même de la grandeur du paramètre concerné, et l'éclatement de sa signification en significations distinctes ne se recouvrant qu'approximativement. Toute l'histoire des étalons métrologiques n'est qu'une vaste illustration de cette remarque.

6. Le cadre théorique

Les remarques du présent paragraphe et des suivants concerneront plus spécialement le mode de couplage par effets cumulatifs (susceptibles de représentations additives) des phénomènes macroscopique et microscopiques constitutifs d'un hasard. Et d'abord, nous allons vérifier que la définition proposée est conforme à l'esprit de la théorie moderne des Probabilités (celle dont Kolmogorov a énoncé la première formalisation systématique dans les *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung* [4] en 1933, comme synthèse de travaux des écoles française et russe s'étalant sur une vingtaine d'années). Je précise qu'il n'y a pas lieu de donner à celle-ci valeur de référence absolue, dans un esprit positiviste, mais seulement de prendre acte que, lorsqu'une théorie scientifique s'est imposée à l'ensemble des spécialistes concernés (fût-ce avec des variantes et sous forme évolutive) au point de devenir, comme c'est le cas, un véritable paradigme au sens de Th. Kuhn, c'est forcément qu'elle répond en profondeur, mieux que celles qui l'avaient précédée, à la fois à la réalité des choses et à la pratique des hommes (les deux vont ensemble).

Or il n'est que de comparer l'état actuel de la théorie des Probabilités à ce qu'elle était au début du siècle, telle par exemple qu'elle était exposée dans le *Calcul des Probabilités* de J. Bertrand [1] qui faisait alors autorité, pour constater l'ampleur et la nature des changements.

Comme Kolmogorov le disait lui-même explicitement, la théorie nouvelle est une transposition de la théorie de l'Intégration de Lebesgue. Ses concepts principaux correspondent point par point à ceux de cette dernière théorie. A la fonction intégrable correspond la *variable aléatoire* ; à l'intégrale, l'*espérance* ; à la mesure, la *probabilité*. La signification intuitive du concept de variable aléatoire est immédiate : elle représente un *effet* exercé par une épreuve aléatoire concrète (que ce soit un coup de dés ou une expérience scientifique concrète) d'un point de vue extérieur (que l'on peut préciser) ; un gain dans le jeu de dés, le résultat d'une mesure dans l'expérience, etc... Celle du concept d'espérance est un peu plus compliquée, mais encore claire : elle représente un effet moyen tendanciel dans un ensemble nombreux d'épreuves aléatoires (qui ne sont pas toutes nécessairement de même espèce, mais dont les effets sont fongibles), dont les résultats sont tous appréciés du même point de vue. Quant à la probabilité, dont la signification intuitive usuellement invoquée est simplement celle d'une espérance (celle de la variable aléatoire *fréquence*), elle joue surtout le rôle d'un concept médiateur très abstrait du raisonnement probabiliste (comme la mesure en théorie de l'Intégration). Bien plus, la probabilité est pratiquement et même théoriquement subordonnée à l'espérance

(au point que si l'on veut traiter le concept de probabilité *conditionnelle* dans un cadre suffisamment général, force est de la déduire de celui d'espérance conditionnelle)⁴. Et elle est toujours étroitement associée à une variable ou un ensemble de variables aléatoires, les distributions de probabilité sur une tribu d'événements étant définies dans toutes les situations pratiques comme *induites* par un transfert de structure (cf. [121]) à partir de celles des valeurs de cette variable ou de cet ensemble de variables.

Dans l'ouvrage de J. Bertrand, par contraste, le terme même de variable aléatoire est absent (bien que le concept ait été défini par Tchebychev dès le milieu du XIXe siècle), tandis que l'espérance ne se voit consacrer qu'un bref chapitre de moins de 20 pages dont les résultats proprement scientifiques (enrobés de pas mal de littérature) servent peu dans la suite.

La prégnance de l'espérance dans la théorie nouvelle a une signification parfaitement claire : puisque c'est une fonctionnelle linéaire (l'espérance d'une somme de variables aléatoires est la somme de leurs espérances), c'est que le calcul des probabilités tout entier est dominé par les propriétés d'additivité. Même lorsqu'il porte sur des phénomènes non linéaires, si compliqués soient-ils, c'est à partir de grandeurs additives qu'il est exécuté : énergies, impulsions, distances, nombres d'objets.. et, enfin, *the last but not the least*, des valeurs et des coûts monétaires. Ce serait enfoncer une porte ouverte que de le rappeler, si les conséquences de cet enfoncement n'étaient pas, comme on va le voir, sujettes à une discussion rien moins que triviale.

Quoi qu'il en soit, l'esprit de la théorie moderne des Probabilités nous suggère fortement une *règle méthodologique* loin d'être toujours fidèlement observée :

Règle : *Ne jamais raisonner sur les probabilités d'événements aléatoires sans prendre en considération les effets de leur survenance sur des phénomènes extérieurs, que l'on cherchera à préciser — c'est-à-dire formellement, sans associer les probabilités aux variables aléatoires qui induisent leurs distributions.*

7. L'objection de la «mort du sujet»

La «mort du sujet» est le thème d'une objection subjectiviste classique à l'objectivisme «à la von Mises». En bref : en quel sens puis-je parler de la probabilité de ma propre mort, puisque c'est un événement unique, absolument singulier, qui ne peut appartenir à une suite aléatoire qu'en y mettant fin quand il se produit ? Il s'agit, on le voit, d'une question soulevant le genre de difficultés qui sont typiques de la problématique des énoncés auto-référentiels.

La même objection, clairement, peut aussi viser la possibilité de

sommer des effets additifs supposés de ma mort ou de ma survie. On ne peut l'écarter d'un revers de main en déclarant que parler de la probabilité ou d'effets additifs de sa propre mort n'a pas de sens. Il doit y avoir autre chose derrière l'emploi d'une expression à ce point tolérée par le langage courant.

Suivant la règle méthodologique énoncée à la fin du précédent paragraphe, considérons d'abord quelle peut être la variable aléatoire associée à la probabilité de ma mort. Il est assez clair que c'est la *valeur de ma propre vie*, évaluée de *mon point de vue*, et que cette valeur pour être additive, ne peut être une simple «utilité» évaluée subjectivement : c'est en fait une valeur *monétaire*. Il semble que la seule façon conséquente de la déterminer est d'évaluer le coût des mesures de sauvegarde de ma propre vie qui m'incombent (prenons un exemple brutal : si je suis un truand, profession à haut risque, combien de gorilles dois-je payer pour me protéger ? Quel système sophistiqué de protection dois-je adopter pour mon repaire ? On sent bien dans ce cas qu'il s'agit d'un problème relevant de la *structure objective de mon mode de vie*).

Déplaçons maintenant la question pour remarquer qu'elle perd tout mystère (sinon toute difficulté) lorsqu'il s'agit de la probabilité de mort, et corrélativement de la valeur de la vie humaine *en général*, lorsqu'elles sont évaluées d'un point de vue social (quelle que soit l'institution publique ou privée, ou même la structure informelle, qui assume le point de vue social ; pour illustrer, on pourra penser aux décisions politiques en matière de sécurité routière). Leur évaluation se fait alors sous la condition générale de la cohérence de la politique du décideur, qui gouverne les arbitrages entre les objectifs de sauvegarde des vies humaines et les autres objectifs de la même politique, et par des mécanismes objectifs plus ou moins précis en relations de conditionnement mutuel : primes et indemnités d'assurance, décisions des tribunaux, équilibrage entre les moyens consacrés à différents moyens de sauvegarder les vies humaines. Dans ces mécanismes, la «subjectivité» des décideurs n'est au fond que le masque de l'empirisme de leur action (souvent grossier, mais inévitable et légitime), et la fausse excuse de son (excusable) imprécision.

Le point important est alors celui-ci : dans toute situation impliquant pour moi risque de mort, mon point de vue personnel n'est jamais indépendant d'un point de vue social, ou d'une multiplicité de points de vue sociaux relevant de pratiques sociales diverses (professionnelles, civiques, privées) au nom desquelles il m'arrive d'agir comme leur représentant responsable, chargé d'assumer *leur* point de vue. On peut de façon générale poser la question suivante : mon point de vue sur ma propre mort ne m'est-il pas inculqué par la multiplicité des pratiques sociales dans lesquelles je suis engagé⁵, par des mécanismes de transfert multiples et d'une grande efficacité, relevant non seulement

de la formation (militaire, professionnelle, civique), mais aussi de l'exercice personnel desdites pratiques, qui m'imprègnent de leurs finalités ? Et les incontestables fluctuations individuelles n'ont-elles pas pour effet celui d'orienter les personnes individuelles vers tel ou tel mode de vie plus ou moins risqué, plutôt que des écarts à la norme ?

La portée de ces questions peut paraître uniquement philosophique, et donc «futile». Mais bien que je ne partage pas un préjugé assez courant à l'encontre de la «futilité» de la réflexion philosophique, je ne les aurais pas posées ici si elles ne me paraissaient avoir aussi une portée pratique et scientifique, très au-delà de leur point de départ quelque peu académique. On peut se demander, par exemple, si la recherche en intelligence artificielle peut se désintéresser du conditionnement social des individus par les pratiques sociales dans lesquelles ils sont engagés ; autrement dit, s'il n'existe pas une composante sociale de l'intelligence dont le recours à l'analyse du langage ne peut rendre compte que de façon trop globale, dans la mesure où elle fait abstraction de la structure concrète des pratiques sociales formatrices des individus. Et peut-on comprendre le problème de l'intelligence des automates si l'on ne tient pas compte de leur insertion dans le tissu complexe des pratiques sociales ?

La question abordée dans le paragraphe suivant sera, elle aussi, une illustration de la pertinence d'une approche sociale.

8. Qu'est-ce qu'une probabilité négligeable ?

Quand un événement est «très improbable», c'est-à-dire quand la probabilité de sa survenance est très petite, on agit *pratiquement* comme s'il était impossible. Mais qu'est-ce qui permet de dire qu'une probabilité est «très petite», ou «pratiquement négligeable» ? Existe-t-il une limite précise entre les probabilités négligeables et non négligeables ? Cette question est suffisamment difficile pour avoir embarrassé même de très grands esprits, comme E. Borel.

C'est dans l'œuvre de A. Wald [13] qu'on peut trouver les premiers éléments sérieux d'une réponse. Il l'a abordée à partir d'une critique du concept de test statistique, tel qu'il avait été défini par Neyman et E.S. Pearson vers 1930. Dans un test statistique, on se donne en général le choix entre deux hypothèses (par exemple, dans les applications aux contrôles de qualité : la qualité du lot testé est «bonne» ou «mauvaise») et corrélativement entre deux décisions pratiques (on accepte ou on refuse le lot), sujettes à des risques d'erreur exprimés par les probabilités respectives d'accepter une mauvaise fourniture (risque de première espèce) ou d'en refuser une bonne (risque de deuxième espèce), et choisis *a priori*. La décision est prise selon le résultat d'essais effectués sur un échantillon. Deux des trois paramètres du contrôle

(les deux risques et l'effectif de l'échantillon) sont choisis a priori, et semble-t-il arbitrairement, et le troisième s'en déduit. C'est l'arbitraire apparent de ce choix que le modèle théorique proposé par Wald permet de supprimer. Comme les risques du test répondent bien à l'idée qu'on se fait de probabilités pratiquement négligeables, on peut penser que Wald nous met bien sur la voie d'une réponse à notre question (et ce, même, dans un cadre élargi par rapport à celui du modèle de Neyman et Pearson, qui était limité de façon trop particulière à deux hypothèses seulement).

Comme il est bien connu des praticiens que l'on choisit les risques d'un test d'autant plus petits que les conséquences des erreurs correspondantes sont plus grandes, Wald fut naturellement conduit à intégrer dans le modèle les coûts de ces conséquences. D'un autre côté, ayant eu à connaître de problèmes de contrôle propres à la Marine américaine (essais de résistance de blindages de navires à des impacts de projectiles), tels que le coût propre des essais ne pouvait plus être considéré comme négligeable, il fut amené à intégrer ledit coût dans le modèle théorique qu'il élaborait — et il se trouva que là reposait précisément la clé de la solution : les risques d'erreur et l'effectif d'échantillon pouvaient être déterminés par la condition de minimisation du coût global de l'exécution du test et des conséquences des erreurs éventuelles (exprimé en espérance mathématique), parce que les deux composantes du coût global (coût propre de l'exécution du test, et coût des conséquences des erreurs) évoluent en sens inverse, et avec les propriétés de convexité garantissant l'existence d'une solution.

Il reste que l'évaluation des coûts en espérances pose un problème sérieux. La pratique empirique des tests ne liait pas seulement le choix des risques aux coûts de leurs conséquences, mais à la «vraisemblance» des hypothèses testées, supposée représentée par une «probabilité de véracité». Plus une hypothèse est «vraisemblable», plus le risque de la rejeter (d'agir comme si elle était fausse) doit être faible. La question de la signification qu'on peut accorder à la «probabilité de véracité» d'une hypothèse scientifique subsiste aussi bien dans le cas du modèle de Wald. Elle est apparemment aussi embarrassante que celle de la «mort du sujet», et pour la même raison.

Mais la réponse est aussi du même type. D'une part (comme Wald nous l'enseigne), adopter une hypothèse scientifique n'est jamais seulement prendre un parti intellectuel, c'est aussi décider de la mettre en œuvre par des actes pratiques (dont le premier est de la publier, avec les risques et les chances que cela comporte) ; la valeur de l'hypothèse, c'est celle, évaluée socialement, des conséquences de son adoption pratique. Mais d'autre part, comment un décideur évalue-t-il sa vraisemblance pour décider, non encore de la mettre en œuvre, mais de la tester ? Ce n'est pas tant le contenu de l'hypothèse qu'il prend en

considération, que *la qualité de la pratique scientifique dont elle est issue*, et ce d'après des critères au moins partiellement informés, mais formulables, et objectifs (formation et culture du chercheur, rapports de l'hypothèse aux connaissances déjà acquises, etc...) ⁶ et la productivité moyenne de recherches de cette qualité-là en résultats de valeur (y compris en résultats qui n'étaient même pas envisagés lors de sa conception : il y a une productivité moyenne des recherches en résultats inattendus). Dans le cas où le chercheur se confond avec le décideur, l'explicitation de ses motivations de croire à ses propres hypothèses est inutile, et il peut avoir l'impression de se fier à une intuition subjective ; celle-ci n'en repose pas moins sur un support objectif inconscient.

Généralisons et résumons :

Une théorie scientifique est génératrice de modèles de représentation des phénomènes, qui sont des modèles approchés, affectés d'erreurs qu'on peut toujours réduire (immédiatement ou plus tard), mais jamais annuler. Ces erreurs sont génératrices de coûts aléatoires, d'autant plus grands (en moyenne statistique) qu'elles sont plus grandes. En contre-partie, leur réduction impose des recherches ayant elles-mêmes leur coût (grossièrement évaluable en ordre de grandeur) ⁷. L'idée qu'il existe une *économie politique de la recherche scientifique* doit être prise en compte par qui veut comprendre ce qu'est exactement une probabilité négligeable.

Finalement :

Un risque d'erreur est pratiquement négligeable lorsqu'il coûte plus cher (en espérance mathématique) de chercher à le réduire que d'en accepter les conséquences.

Corollaire : toute erreur de probabilité nulle est pratiquement négligeable au regard de toute pratique qu'elle pourrait affecter. Elle est «absolument pratiquement négligeable».

Conclusion

Dans cette discussion, j'ai essayé de mettre en évidence ce qu'un renouvellement en profondeur des conceptions traditionnelles du hasard pouvait tirer de la pensée systémique (la structure en hiérarchies enchevêtrées, la dialectique de l'intérieur et de l'extérieur). En la développant, j'ai cru pouvoir montrer qu'il avait quelque chose à rendre en retour. Ce faisant, je n'ai pu éviter de pénétrer sur un terrain sujet à controverses, celui de la socialité essentielle de l'homme. Peut-être la cohérence que j'ai cherché à donner à ces réflexions, si je l'ai atteinte au point de stimuler l'intérêt de leurs lecteurs, les portera-t-elle à formuler observations et critiques. Je leur serai reconnaissant des unes comme des autres.

Notes

- (1) Cette remarque est analogue au fond à celle que fait Altan lorsque, à propos de la sémantique de l'information (dans le cadre du formalisme de la théorie de l'Information), il remarque en substance que l'entropie d'un système dépend de l'algèbre d'événements qui est impliquée dans sa définition, et que le choix de cette algèbre dépend lui aussi de l'observateur.
- (2) Le formalisme de la théorie des Jeux appelle une remarque à propos de la finalité des joueurs (celle de gagner) qui est le seul éléments exogène du modèle. Cette finalité est d'ordre «téléonomique», en vertu d'une contrainte proprement logique : lorsqu'un joueur se désintéresse de son gain, on sait bien que le jeu perd tout intérêt pour son adversaire, et il en est ainsi parce qu'il perd sa signification biologique (ou socio-biologique), d'être un exercice d'entraînement à d'autres activités plus «sérieuses». On peut dire qu'il se détruit *ipso facto*, qu'il cesse d'être un jeu (l'effet d'une téléonomie est de laisser aux sujets qu'elle concerne la liberté du suicide). Je ne reviendrai pas dans la suite sur les problèmes de la finalité, qui nous entraîneraient trop loin.
- (3) Je laisse évidemment de côté ici le «hasard» au sens de Cournot («la rencontre de séries causales indépendantes»), identifié au cas fortuit unique, dont on sait quelle fascination il a exercé sur Jacques Monod (après bien d'autres, dont Bergson). C'est que cette «définition» présente le double inconvénient de poser des questions dont la réponse est loin d'être évidente (comment donner du concept de «séries causales indépendantes» une définition qui ne soit pas circulaire ?), et de ne permettre de résoudre aucun problème pratique. Comment par exemple donner un sens à l'assertion «l'émergence de la vie est un événement fortuit» sur la seule base de cette acception, en passant subrepticement à la conclusion (non impliquée par elle) que la probabilité de cet événement est nulle ou «pratiquement nulle» (que veut dire : «pratiquement nulle» ? — on y reviendra), tout en oubliant que ladite probabilité dépend de la portion d'espace-temps dans laquelle on considère que ledit événement se produit ?
- (4) La subordination de la probabilité à l'espérance est au contraire posée d'emblée lorsqu'on la définit comme une «mesure de Radon» (sur la base du théorème de Riesz), comme étant en somme une abstraction d'un ensemble particulier d'espérances que l'on se donne d'abord (celles des fonctions continues à support compact).
- (5) Cette idée n'est rien moins que nouvelle : elle est au moins esquissée dans l'analyse de la vertu de courage, dans le *Protagoras* de Platon : «... sais-tu quels sont les hommes qui descendent dans les

puits hardiment ? — Oui-da : ce sont des puisatiers ! — Est-ce parce qu'ils savent le faire, ou pour une autre raison ? — C'est parce qu'ils savent le faire ! — Quels sont ceux qui, du haut d'un cheval, combattent hardiment ? Sont-ce les hommes de cheval, ou ceux qui ne sont pas hommes de cheval ? — Les hommes de cheval ! ... Et même dans tous les autres cas...» (convient Protagoras) «ce sont ceux qui savent qui sont plus hardis que ceux qui ne savent pas ; et quand on s'instruit, on devient plus hardi qu'on ne l'était avant de s'être instruit : plus hardi que soi-même !» [9] p. 128 (Commentaire : naturellement, la science d'une pratique — qu'elle soit empirique ou théorisée — implique celle des conditions de la sécurité dans son exercice ; et celle de son économie : coût et valeur de la sécurité).

- (6) On peut trouver une admirable illustration des motivations objectives qui conduisent à l'adoption d'une hypothèse scientifique dans *Le déchiffrement du linéaire B*, de J. Chaldwick. Celui-ci, helléniste chevronné faisant autorité, expose comment il a été conduit à faire sienne l'hypothèse révolutionnaire de Ventris (alors considéré comme un *outsider* et comme un amateur) selon laquelle cette écriture était celle d'un grec archaïque, parce qu'il avait reconnu le sérieux scientifique de l'argumentation de son auteur. ([2], chap. V, p. 102 et suiv.).
- (7) Il faut naturellement tenir compte du fait que les coûts des recherches et les bénéfices de leurs résultats ne relèvent pas forcément du même point de vue, de la même «caisse», ainsi que des facteurs d'interaction entre ces «caisses», qui sont particuliers à chaque cas d'espèce (et d'ailleurs souvent d'évaluation très délicate, et sujette à des distorsions résultant de rapports de forces entre les détenteurs des différents points de vue).

Références

- [1] BERTRAND J., *Calcul des probabilités*, rééd. Chelsea publishing Company
- [2] CHADWICK, *Le déchiffrement du linéaire B*, Gallimard, 1958.
- [3] DELLACHERIE C., *Nombres au hasard*, La gazette des mathématiciens, oct. 1978.
- [4] KOLMOGOROV A., *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Springer-Verlag, 1933.

- [5] LAPLACE P.S., *Essai philosophique sur les probabilités*, C. Bourgois, 1986.
- [6] MATALON B., Epistémologie des probabilités in *Logique et connaissance scientifique*, Encyclopédie de la Pléiade, 1967.
- [7] MISES von L., *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit* 4ème éd., Springer-Verlag, 1971.
- [8] NEUMANN von J., et MORGENSTERN O., *Theory of Games and economic Behavior*, Princeton University Press, 1944.
- [9] PLATON, *Oeuvres complètes*, t. 1, Bibliothèque de la Pléiade, 1950.
- [10] PRIGOGINE I. et STENGERS I., *La Nouvelle Alliance*, Gallimard, 1979.
- [11] TEILLAC J. et NAUDET R., Le réacteur naturel d'Oklo in *La radioactivité artificielle a cinquante ans*, Editions du CNRS, 1984.
- [12] VALLEE R., Observation, décision and structure transfers in systems theory in *Progress in Cybernetics and Systems research*, vol. 1, Hemisphere publishing Corporation, 1975.
- [13] WALD A., *Statistical decision functions*, Wiley, 1950.

EPISTEMOLOGIE ET APPROCHE CYBERNETIQUE DE L'EVOLUTION

Alexis JDANKO

Université Hébraïque de Jérusalem ¹

Résumé

Exposé d'une épistémologie fondée sur la philosophie de la Cybernétique et de la Théorie générale des systèmes, dont une interprétation évolutionniste permet de proposer une conception heuristique de l'évolution cybernétique considérée comme l'étape supérieure de l'évolution universelle néguentropique et de donner, dans ce vaste cadre, une analyse des aspects les plus généraux de l'épistémologie.

Abstract

The epistemology described is based on an evolutionary interpretation of Cybernetics and General Systems Theory. This approach makes it possible to propose a concept of Cybernetic Evolution as the higher stage of negentropic Evolution of the Universe, and, in this broad framework, to analyse the most general problems of epistemology from the point of view of the Evolutionary Cybernetic Systems Theory.

Introduction : Principes méthodologiques de l'approche systémico-cybernétique évolutionniste de l'épistémologie

La philosophie de l'évolution cybernétique, dont les idées découlent d'une interprétation évolutionniste de la théorie des systèmes cybernétiques (Jdanko 1-4), permet de formuler les concepts fondamentaux de l'épistémologie évolutionniste (Jdanko 5-8). A cette fin deux approches s'imposent : l'une, statique ou structuro-fonctionnelle, servant de base à la classification des systèmes de l'univers, l'au-

1. Faculté des Sciences Sociales, Mont Scopus, Jérusalem, 91905, Israël.