

la vaccination des pré-adolescents en milieu scolaire.

La comparaison des bénéfices et des risques effectuée par J. Drucker et ses collaborateurs penche fortement en faveur de la vaccination (il s'agit de bénéfices médicaux et non économiques, comme l'évoque un lecteur). Le rapport souligne à nouveau l'absence de corrélation statistique et montre que, dans l'hypothèse d'une association, le nombre de premières atteintes démyélinisantes centrales (signalant l'émergence de la SEP) dans une cohorte de 800 000 pré-adolescents non vaccinés et fictivement suivis jusqu'à l'âge de 30 ans serait situé dans une fourchette de 0,56 à 2 cas au total. Dans le même temps, la vaccination éviterait, selon les scénarios, entre plusieurs centaines et plusieurs milliers d'infections par le virus de l'hépatite B, d'où résulteraient entre 3 et 29 hépatites aiguës fulminantes, ainsi qu'entre 12 et 147 cancers du foie.

L'objectif de la vaccination contre l'hépatite B n'est pas d'éradiquer le virus (ce qui n'est pas possible dans le court terme, en raison du nombre élevé de porteurs chroniques), mais d'offrir une protection individuelle contre la maladie. La vaccination des nourrissons a pour buts principaux de mettre l'enfant à l'abri de l'infection, de protéger le futur adolescent, et de bloquer la transmission verticale à partir de mères porteuses du virus. Dans les trois cas, les risques ne sont pas négligeables en raison de l'existence, en France, de 100 000 à 150 000 porteurs chroniques, pour la plupart asymptomatiques. La vaccination des enfants est à la fois efficace et de longue durée. Telles sont, je pense, les raisons qui motivent la recommandation des autorités de santé de poursuivre la vaccination des nourrissons. Selon les conclusions du rapport de J. Drucker, celle-ci devrait même être amplifiée, de façon à compenser la baisse de vaccination des pré-adolescents.

On ne pourra jamais conclure à l'innocuité absolue du vaccin, de même qu'on ne peut être totalement assuré que la prise d'un comprimé d'aspirine ne va pas provoquer un accident grave. La recherche du risque minimum est un exercice difficile. En l'occurrence, la suspension, en milieu scolaire, de la vaccination des pré-adolescents semble privilégier un risque hypothétique et faible par rapport à un risque avéré et beaucoup plus élevé. Ceci me renforce dans la conviction que j'ai déjà développée ailleurs qu'il est essentiel de mener des réflexions plus approfondies sur la notion de risque et sur le concept de précaution. Le principe de précaution est généreux dans l'intention, mais il recouvre d'importantes inversions de logique sociale. Dans son état actuel, il est largement dépourvu de contenu et peut être invoqué et utilisé à n'im-

porte quelle fin, y compris celle de bloquer toutes innovations, s'il n'est pas assorti de définitions et de méthodologies qui permettent de mieux circonscrire et, dans certains cas, de hiérarchiser les risques. Comme les réactions de certains lecteurs le montrent, les attitudes envers la vaccination sont souvent passionnelles. L'histoire de la vaccination et l'analyse des réactions qu'elle a suscitées et suscite encore, valent d'être réfléchies. L'actuel débat prendrait sa vraie dimension s'il était inscrit dans une réflexion calme et posée sur la définition et l'acceptabilité des risques aux plans individuel et collectif.

Atomes et éléments

Dans l'article de Philippe Chomaz et Gilles de France *Les symétries dans les atomes et les noyaux* (voir *Dossier Pour la Science, Les symétries de la nature*), on lit que «les Grecs connaissaient les cinq polyèdres réguliers... et les identifiaient aux cinq substances simples du monde : les cinq atomes». Platon a dû se retourner dans sa tombe, lui qui, contrairement à Démocrite et à ses atomes, a décrit le monde comme formé de quatre éléments associés chacun à un polyèdre régulier, le feu (le tétraèdre), la terre (le cube), l'air (l'octaèdre) et l'eau (l'icosaèdre), le cinquième solide régulier, le dodécaèdre, représentant l'Univers.

Plus loin, on apprend que : «Les propriétés chimiques des atomes varient périodiquement avec le numéro atomique comme l'a observé Alexei Mendeleïev sans le comprendre.» Alexei Mendeleïev doit être un parent de Dimitri Mendeleïev, l'homme de la classification périodique des éléments qui, mort en 1907, n'a effectivement rien compris à l'interprétation électronique de la notion de numéro atomique élaborée en 1913 par Henri Moseley.

Georges BRAM, Orsay

Réponse de Philippe Chomaz

Ces remarques sont justifiées. On peut ajouter que les Grecs ne connaissaient au début que quatre polyèdres réguliers, donc quatre éléments, et que la découverte d'un cinquième les plongea dans une grande perplexité. Cette crise a été résolue en associant le cinquième à l'éther.

Pour ce qui est du numéro atomique c'est la masse qui a servi de base à la classification périodique de Dimitri Mendeleïev, et non le nombre d'électrons, même si aujourd'hui nous savons que c'est ce dernier qu'il faut considérer. La vérité historique ne coïncide pas toujours avec la vérité physique, et les connaissances nouvelles permettent parfois de réinterpréter les découvertes anciennes et de corriger des erreurs.

Les modes en sciences

GUY OURISSON

L'attribution démocratique des crédits amplifie les modes.

Les sciences dures ne suivraient pas la mode et ne pourraient la subir. Elles avanceraient par étapes, quand elles le peuvent, quand les scientifiques constatent qu'ils peuvent combler une lacune, expliquer un point jusqu'alors inexpliqué, quand ils peuvent utiliser ce qu'ils ont acquis dans un domaine pour faire progresser un champ différent. Comment des activités aussi raisonnables, aussi rationnelles, seraient-elles influencées par des modes? Les activités scientifiques ayant d'autant plus de mérite qu'elles sont originales, elles perdraient tout mérite si elles n'étaient que des exercices à la mode.

Voire! Un instant de réflexion suffit pour démontrer l'ineptie de cette vision angélique du travail en sciences dures. Tout d'abord, la mode qu'on lance est parfaitement recommandable. Ainsi la chimie mettant en jeu des assemblages de molécules, la chimie supramoléculaire lancée, il y a une vingtaine d'années par Jean-Marie Lehn, valut à ce dernier un prix Nobel. Le style lucide que J.-M. Lehn utilise pour présenter ses travaux, les développements originaux qu'il n'a cessé d'y apporter, le choix d'un excellent terme, intuitivement compréhensible dans toutes les langues, ont attiré des dizaines de groupes de recherche, et la chimie supramoléculaire est devenue un axe majeur de développement de la chimie. Pourtant, si les travaux de J.-M. Lehn et de quelques autres qui s'en inspirent constituent une œuvre réellement originale, que de suivistes!

Pourquoi les démarches originales sont-elles l'exception? En partie parce qu'en sciences dures, certaines modes sont imposées par les commissions qui attribuent les moyens de travail. On peut ainsi accuser les commissions du CNRS d'avoir d'abord retardé en France l'avènement de la biologie moléculaire, à laquelle elles n'étaient pas réceptives. Cette obstruction a conduit les biologistes moléculaires à contourner le système, par une voie moins démocratique : ils ont obtenu leurs crédits de recherche

en s'adressant à la Délégation générale de la recherche scientifique et technique. Puis, une fois en place, les biologistes moléculaires ont siégé dans des commissions, et ils ont tué les sciences naturelles.

Ce type de fonctionnement pathologique résulte d'une difficulté de partage des crédits : il n'y en a pas assez pour toutes les disciplines, et les secteurs les plus actifs accaparent les budgets. Ainsi, quand la biologie a examiné les bases moléculaires du fonctionnement du monde vivant, elle a fait de si foudroyants progrès qu'elle a bouleversé notre santé, notre alimentation, l'économie mondiale, mais aussi la psychologie sociale de nos pays. Les activités plus classiques ont semblé peu fructueuses et peu utiles.

La situation est même devenue paradoxale : alors que la mode moléculaire, si fertile, si innovante, devenait hégémonique, nos grands herbiers, tels celui du Muséum, n'ont pas assez bénéficié des possibilités nouvelles que leur offraient l'informatique, le traitement des images, l'analyse chimique automatisée à grand débit ou les méthodes d'analyse du génome. Le dernier rapport de conjoncture du CNRS, en 1996, contient, dans ses 600 pages, quelques brefs paragraphes qui défendent les sciences naturelles, sans utiliser ce terme démodé, mais comment un chasseur de papillons pourrait-il être recruté comme chargé de recherche si la commission qui décide est majoritairement acquise aux modes modernes?

La belle affaire, a-t-on dit : les herbiers ou collections de papillons sont jolis, mais inutiles. Là encore, méfions-nous de jugements hâtifs : cet été, les revues *Nature* et *Science* ont signalé l'état de santé désastreux des grenouilles du monde entier : le crapaud doré semble avoir disparu des Antilles ; dans d'autres régions, plusieurs espèces ne sont plus qu'en petit nombre ; les grenouilles sèchent sur pied, et un examen postmortem montre qu'elles ont été infectées par un champignon dont on ignorait qu'il attaquait les

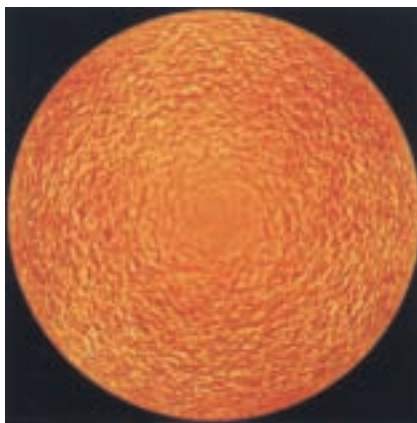
batraciens. Hélas, les spécialistes des grenouilles sont devenus encore plus rares que les batraciens eux-mêmes, et personne ne sait interpréter les observations : s'agit-il de phénomènes cycliques, et donc réversibles? Ou bien cette infection risque-t-elle de devenir une pandémie? Peut-on se passer de grenouilles sans souffrir ensuite d'invasions de moustiques et de limaces? Les grenouilles sont-elles sensibles au champignon parce qu'elles avaient été fragilisées par les ultraviolets, que l'atmosphère dégradée filtrerait mal? La disparition des grenouilles annonce-t-elle notre apocalypse? La disparition programmée des batrachologistes et autres naturalistes de terrain nous oblige à avouer notre ignorance.

Comment éviter un trop fort effet des modes sur l'attribution des crédits de recherche et, donc, sur la survie de certaines disciplines? Comment compenser le pouvoir de nuisance de commissions démocratiques, où la majorité impose logiquement sa loi? La commission des subventions pour la recherche de l'OTAN a utilisé une méthode qui consistait à ne distribuer selon les critères démocratiques classiques que 90 pour cent des crédits disponibles, et à réserver les dix pour cent restants aux projets hors mode, quitte à renvoyer ces dix pour cent à la séance suivante, quand ce type de demande manquait. C'est ainsi qu'elle a réussi à subventionner une étude turco-irlandaise sur le contenu des rêves dans les différentes civilisations européennes, une étude italo-américaine sur l'utilisation de photographies de satellites pour l'étude de l'évolution architecturale d'une ville italienne, des études des petits animaux des forêts africaines, etc.

Les chercheurs ne doivent pas redouter l'existence de modes, mais ils doivent les lancer plus que les suivre, et les institutions scientifiques doivent plus les contrôler que les subir.

Guy OURISSON est vice-président de l'Académie des sciences.





La musique des sphères

MARC LACHIÈZE-REY • JEAN-PIERRE LUMINET

Des Pythagoriciens à la physique moderne, les démarches intellectuelles qui cherchent à appréhender le monde utilisent la notion d'harmonie.

Les globes voltent sous mes doigts, traçant les courbes musicales de ce poème.

(André Suarès, «Le Musicien des sphères», dans *Images de la grandeur*, 1901)

En physique, l'une des plus intéressantes théories d'unification des interactions tente de décrire les particules non pas comme des corpuscules ponctuels, mais comme des vibrations de minuscules «cordes», entités géométriques à une dimension. Ce type de modélisation, fondé sur des symétries mathématiques particulières, constitue l'un des derniers développements d'une tradition qui remonte aux Pythagoriciens.

Pour ces derniers en effet, l'Univers devait nécessairement se manifester par des proportions «justes», par des rythmes, par des nombres : le monde chantait et vibrât harmonieusement ! Dès le VI^e siècle avant notre ère, ils avaient remarqué que les intervalles musicaux tels que l'octave, la quinte, la tierce, etc., s'obtiennent en faisant vibrer des cordes dont les longueurs sont des fractions entières de la longueur qui engendre la note fondamentale, comme $1/2$, $2/3$, $3/4$, etc. Considérant le cosmos dans son ensemble comme un système harmonieux, ils en avaient déduit que les sept notes naturelles de la gamme étaient en correspondance avec les sept corps célestes connus (le Soleil, la Lune et les cinq planètes visibles), auxquels s'ajoutaient trois sphères supplémentaires pour atteindre le nombre dix, parfait entre tous (car c'est notamment la somme des quatre premiers entiers).

Un peu plus tard, au IV^e siècle, Platon décrit, dans *l'Épinomis*, cette harmonie céleste, en déclarant notamment que les astres exécutent «le plus magnifique de tous les chœurs». Cicéron évoque dans le *Songe de Scipion* ce son «si intense et si agréable» qui remplit les oreilles de son héros : «l'impulsion et le mouvement de ces orbes [célestes] sont réglés selon certains intervalles inégaux, obéissant à des rapports de proportion très exacts. Les plus aigus sont tempérés par les plus graves, et leur équilibre donne différentes harmonies.»

Cette tradition, assimilant le cosmos à un instrument de musique, se perpétue pendant le Moyen Âge et jusqu'à la renaissance scientifique. Au XVII^e siècle, le jésuite encyclopédiste Athanasius Kircher évoque, dans *l'Œuvre universelle des muses* (*Musurgia universalis*), «la grande musique du monde, cette merveilleuse correspondance des cieux, des éléments et des créatures» (voir la figure 4), tandis que le médecin londonien Robert Fludd décrit, dans *Des deux mondes* (*Utriusque Cosmi*), l'Univers comme un luth monocorde conçu par Dieu, dont les dix registres (les dix sphères célestes pythagoriciennes) traduisent l'harmonie de la Création.

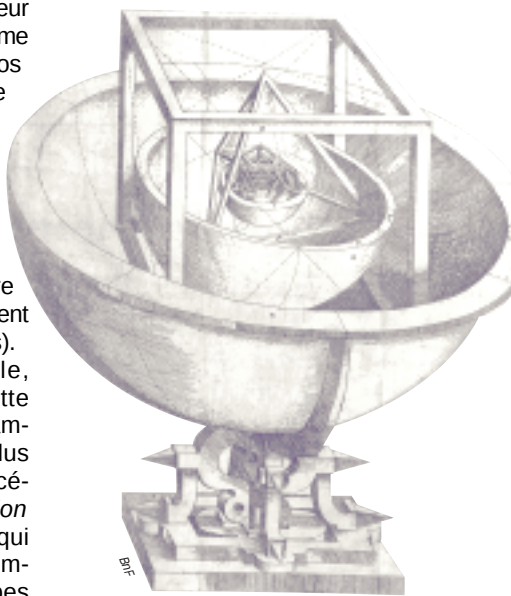
Pour le Français Marin Mersenne, tout ce qui s'exprime par des proportions peut être traité en termes d'harmonie et donc, en particulier, la disposition des orbes célestes. À la même époque, l'astronome allemand Johannes Kepler reprend l'idée qu'un astre émet un son d'autant plus aigu que

son mouvement est rapide, et l'adapte à sa découverte de la nature elliptique des orbites planétaires : des intervalles musicaux bien définis sont associés aux planètes (voir la figure 3). Kepler voit dans cet enrichissement de la symphonie céleste la confirmation de sa découverte : la «beauté harmonique» du monde, qui selon lui émane d'une volonté divine explicite et s'adresse directement à notre âme.

Près d'un siècle plus tard, l'œuvre d'Isaac Newton englobe deux visions du monde apparemment antagonistes : d'une part une conception mécaniste (le monde s'explique comme une grande horloge réglée par des lois universelles) ; d'autre part, l'idée que la nature reste soumise à une harmonie d'ordre supérieur – d'où son intérêt profond pour l'alchimie, la théologie, voire l'astrologie. En réalité, les immenses succès de sa mécanique (prédiction du retour des comètes périodiques, découverte de la planète Neptune par le calcul) seront en partie dus à la mise en œuvre de nouvelles et puissantes constructions mathématiques, dont l'accord avec le monde observable exprime l'harmonie de ce dernier. Newton accomplit ainsi le rêve de Kepler : «Cet arrangement aussi extraordinaire du Soleil, des planètes et des comètes n'a pu avoir pour source que le dessein et la Seigneurie d'un être intelligent et puissant» (*Principes de la Philosophie Naturelle*, 1687)

L'HARMONIE DANS LA PHYSIQUE MODERNE

Après Newton, l'harmonie sera toujours invoquée par les physiciens pour décrire et pour comprendre le monde, mais sous des formes nouvelles. «Quand, à une certaine occasion, j'ai demandé au professeur Einstein comment il avait trouvé la théorie de la relativité, il me répondit qu'il l'avait trouvée parce qu'il était tout à fait convaincu de l'harmonie de l'Univers» rapporte l'épistémologue Hans Reichenbach. Métaphysique, philosophie, religion, ésotérisme, références musicales et artistiques disparaissent du discours explicite de la



1. Dans *Le secret du monde*, Kepler voyait l'Univers comme un emboîtement de solides parfaits : «les solides symétriques s'insèrent les uns après les autres avec tant de précision entre les orbites appropriées qui si un paysan demandait à quels crochets les cieux sont fixés, il serait facile de lui répondre».