

ANNALES DES MINES

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT N° 57

Faire face à l'incertitude



JANVIER 2010

JANVIER 2010
NUMÉRO 57
PRIX : 23 €
ISSN 1268-4783

ISBN 978-2-7472-1636-4



9 782747 216364



SÉRIE TRIMESTRIELLE DES
**ANNALES
DES
MINES**
FONDÉES EN 1794



ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ
&
ENVIRONNEMENT

ISSN : 1268-4783

Série trimestrielle • n° 57 - janvier 2010

Rédaction

Mineie, 120, rue de Bercy - Télédod 797,
75572 Paris Cedex 12
Tél : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

Pierre Couveinhes

Rédacteur en chef des *Annales des Mines* Avec le concours de **Bruno Savalle**, ingénieur en chef des Mines

Gérard Comby

Secrétaire général de la série « Responsabilité & Environnement »

Martine Huet

Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier

Lecteur

Membres du Comité d'orientation**Philippe Saint Raymond**

Président du comité d'orientation, Responsable éditorial Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi, Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

Dominique Bernard

Afite, Président d'honneur

Paul-Henri Bourrelrier

Ingénieur général des Mines, Association française pour la prévention des catastrophes naturelles

Jacques Brégeon

Collège des hautes études de l'environnement et du développement durable, ECP, INA P-G, SCP-EAP

Christian Brodhag

Ecole nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne

Xavier Cuny

Professeur honoraire Cnam, Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels

William Dab

Cnam, Professeur

Daniel Fixari

Ecole des Mines de Paris, Centre de gestion scientifique

Odile Gauthier

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement durable et de la Mer, Direction de l'eau et de la biodiversité

Christian Huglo

Avocat

Vincent Jacques le Seigneur

Secrétaire général de l'INES, Maître de conférences à Sciences-Pô, Paris

Vincent Lafilèche

Ineris, Directeur général

Jean-Luc Laurent

Laboratoire national de métrologie et d'essais, Directeur général

Yves Le Bars

Cemagref

Patrick Legrand

Inra, Vice-Président de la Commission nationale du débat public

Benoît Lesaffre

CIRAD

Geneviève Massard-Guilbaud

Ecole des Hautes études en sciences sociales, Directrice d'Etudes

Laurent Mermet

Engref

Alain Morcheoine

Ademe, Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique

Pierre Frédéric Tenière-Buchot

Consultant environnement, Conseiller spécial au programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE)

Gilbert Trolly

Administrateur de la chambre syndicale des industries minières

Eric Vindimian

CEMAGREF

Membres du Comité de Rédaction**Philippe Saint Raymond**

Président du comité d'orientation, Responsable éditorial Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi, Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

Pierre Amouyel

Ingénieur général des Mines

Paul-Henri Bourrelrier

Ingénieur général des Mines, Association française pour la prévention des catastrophes naturelles

Pascal Dupuis

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer Chef de service Climat et Efficacité énergétique

Odile Gauthier

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement durable et de la Mer, Direction de l'eau et de la biodiversité

Rémi Guillet

Mineie, Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

Jean-Luc Laurent

Laboratoire national de métrologie et d'essais, Directeur général

Richard Lavergne

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement Durable et de la Mer, Commissariat général au Développement durable

Gilbert Trolly

Administrateur de la chambre syndicale des industries minières

Pierre Couveinhes

Rédacteur en chef des *Annales des Mines*

Table des annonceurs

✓ Annales des Mines : 2^e, 3^e – 4^e de couverture et page 4.

Photo de couverture

✓ Dés. Photo © C.V. D'Andrea/AGE FOTOSTOCK/ HOA-QUI/EYEDEA ILLUSTRATION

Abonnements et ventes

<http://www.eska.fr>

Editions ESKA

12, rue du Quatre-Septembre, 75002 Paris

Serge Kebabtschieff : Directeur de la publication

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Tarifs : voir bulletin encart vert (pages 105 et 106)

Conception

Hervé Lauriot-Prévost

Iconographe

Christine de Coninck - CLAM !

Publicité

J.-C. Michalon - ECC

2, rue Pierre de Ronsard 78200 Mantes-la-Jolie

Tél. : 01 30 33 93 57 - Fax : 01 30 33 93 58

Vente au numéro par correspondance et disponible dans les

librairies suivantes : Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;

Marque-page - LE CREUSOT ; Privat, Rive-gauche -

PERPIGNAN ; Transparence Ginestet - ALBI ; Forum - RENNES ;

Mollat, Italique - BORDEAUX.

RESPONSABILITÉ

SOMMAIRE

FAIRE FACE À L'INCERTITUDE

5 ÉDITORIAL
Pierre COUVEINHES

7 AVANT-PROPOS
L'homme en quête de certitudes : entre croyance et savoir
Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA

I – Quelques aspects théoriques sur l'incertitude

10
Penser les événements extrêmes
Jean-Pierre DUPUY

16
Quelques éléments de réflexion sur l'incertitude à travers l'histoire des sciences et des idées
Alexandre MOATTI



© Florence Durand/SIPA

22
Probabilité et incertitude
Mme Dominique DEPRINS

32
Le concept de risque et son évolution
Gilles MOTET

II – L'incertitude : un facteur omniprésent

38
Quid de la gestion des risques après la constitutionnalisation du principe de précaution ?
Olivier GODARD

45
L'investissement de défense face à l'incertitude
Carl TRÉMOUREUX



© Paris, Musée Carnavalet/ROGER-VIOLLET

& ENVIRONNEMENT

Janvier 2010 ♦ Numéro 57



© Zeppelin/SIPA

82

De l'incertitude à la précaution : le rôle de la métrologie

Jean-Luc LAURENT et Benoît GAUMONT

92

Risque et prospective

Thierry GAUDIN

52

Les risques chimiques et leur gestion

Armand LATES

59

Œuvrer dans l'incertitude

Pierre-Michel MENGER

III – Quelle démarche adopter, face à l'incertitude ?

70

L'incertitude en matière de technologie

Sven Ove HANSSON

75

De l'incertitude-obstacle à l'incertitude productive, ou comment traiter les risques potentiels des nano-objets ?

Brice LAURENT



© Photo Josse/LEEMAGE

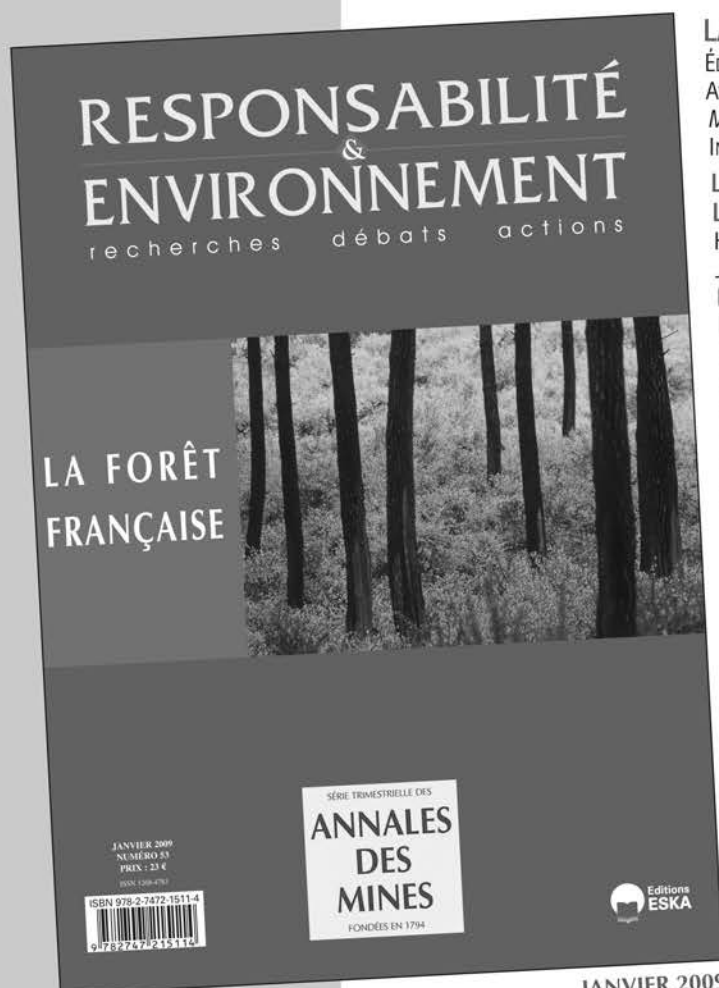
* * * * *

Ce numéro a été coordonné par
Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

SOMMAIRE



LA FORÊT FRANÇAISE

ÉDITORIAL – *PIERRE COUVEINHES*

AVANT-PROPOS : Un nouveau défi pour la forêt française – *Michel BARNIER, Ministre de l'agriculture et de la pêche*

INTRODUCTION : La forêt française, état des lieux – *Renaud ABORD de CHÂTILLON*

LE CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE : COMMENT MOBILISER LA RESSOURCE DISPONIBLE

Histoire d'une forêt écartelée entre colbertisme et libéralisme – *Jean-Louis GUÉRIN*

La forêt privée, un potentiel méconnu – *Michel de GALBERT*

La forêt communale, au service de la gestion forestière durable et du développement local – *Jean-Claude MONIN*

Le droit de propriété existe-t-il, encore, en forêt ? – *Vincent OTT*

Pour mobiliser la ressource de la forêt française – *Jean-Marie BALLU*

LA FORÊT DANS LE MONDE

La forêt française et la politique forestière de l'Europe –

Ségolène HALLEY des FONTAINES

La filière bois en Europe et dans le monde – *Daniel GUINARD*

La sylviculture à la conquête de la planète : « Limiter la nature, hâter son œuvre » – *Marie-Jeanne LIONNET*

LA FORÊT : UN ACTEUR IMPORTANT ET UN ATOUT POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La certification forestière, outil stratégique majeur pour la mise en œuvre d'une politique de gestion durable – *Renaud ABORD de CHÂTILLON et Matthieu LESNE*

La Charte forestière du Morvan – *Anne-Catherine LOISIER*

Les forêts françaises : une biodiversité à la fois riche et menacée – *Daniel VALLAURI et Emmanuelle NEYROUMANDE*

Les dégâts subis par les forêts du fait de tempêtes ou de sécheresses : des fléaux en progression – *Philippe RIOU-NIVERT*

Pour produire davantage et mieux préserver la ressource : les entreprises forestières – *Jacques DUCERF*

La filière bois-énergie – *Jean François BONTOUX*

Regards sur la « gestion durable » des forêts en France – *Bernard ROMAN-AMAT*

Une expérience de délégué de massifs forestiers – *Henri PRÉVOT*

Le dossier a été coordonné par Renaud ABORD de CHÂTILLON

JANVIER 2009
ISSN 1268-4783
ISBN 978-2-7472-1511-4

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de Responsabilité & Environnement janvier 2009 - numéro 53 (ISBN 978-2-7472-1511-4) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Éditorial

La récente crise financière l'a bien montré : l'incertitude ne se laisse pas aussi facilement maîtriser et enfermer dans des formules mathématiques, ni domestiquer jusqu'au point de se dissiper...

Comme le signale Jean-Pierre Dupuy, la probabilité de survenue des événements extrêmes est significativement plus élevée que ce que prévoit la loi de Gauss : leur distribution de probabilités semble plutôt suivre une loi de puissance (ou loi de Pareto), ce qui accroît considérablement leur impact sur ce à quoi l'on peut s'attendre dans l'avenir. Jean-Pierre Dupuy rappelle judicieusement que le fameux « principe de précaution » entretient des liens étroits avec la notion d'événement extrême, en raison du contexte historique de son apparition : des discussions portant sur l'impact de la dissuasion nucléaire américaine sur la sécurité européenne. Ce qui justifiait le nouveau principe, ce n'était pas ce que l'on savait (ou non) à propos des risques, mais bien l'énormité des enjeux, quant à eux parfaitement identifiés.

Mais il semble bien que le contenu du principe de précaution ait profondément évolué par glissements successifs, ainsi que le souligne Olivier Godard : l'on est ainsi passé, successivement, de dangers bien identifiés (même si leur probabilité était faible) à des dangers dont l'existence elle-même était incertaine, puis simplement à une « angoisse légitime ». Dès lors, ce principe n'apparaît-il pas aujourd'hui comme un simple avatar moderne de l'hostilité à la science et à l'industrie ? Le bref aperçu historique établi par Alexandre Moatti rappelle que cette hostilité ne date pas d'hier : elle existait déjà aux tout débuts de la révolution industrielle.

A cet égard, Dominique Deprins montre le caractère illusoire du « risque zéro », qui présupposerait un savoir absolu. La volonté de tout quantifier (même ce qui ne peut l'être) est un dévoiement de la science, qui conduit tout droit au charlatanisme (la récente crise financière en a donné quelques illustrations remarquables...). A l'inverse, le concept de risque industriel a progressivement évolué, laissant désormais toute sa place au doute : « Les résultats des analyses de risques sont eux-mêmes affectés par l'incertitude », souligne ainsi Gilles Motet.

L'incertitude et le risque sont présents dans tous les domaines. Quelques exemples remarquables en sont donnés dans la deuxième partie de ce numéro de Responsabilité et Environnement : les OGM et les antennes-relais de téléphonie mobile (Olivier Godard), le choix des équipements militaires (Carl Trémoureux), la chimie (Armand Lattes) et même... la création artistique, un domaine où l'imprévisibilité joue un rôle central (Pierre-Michel Menger) ¹.

Quelle démarche adopter, face à cette incertitude omniprésente ?

Plusieurs méthodes existent. Au niveau global, Thierry Gaudin présente le rôle décisif que peut jouer la prospective dans l'anticipation des risques, en dressant des scénarios très contrastés de l'avenir. En matière technologique, divers systèmes ont été développés pour en apprécier les conséquences : « l'évaluation des technologies » (Technology Assessment), « l'analyse du risque » (Risk Assessment), « l'innovation responsable »... Mais bien que ces méthodes aient apporté des résultats utiles, elles montrent aujourd'hui certaines limites.

Et si la solution résidait dans le recours aux bonnes vieilles méthodes des sciences de l'ingénieur ? En premier lieu, il faut définir correctement l'objet auquel on s'intéresse. Ainsi, Brice Laurent montre que l'attitude à adopter vis-à-vis des nano-objets dépend dans une large mesure de la définition qui en est donnée. Ensuite, il faut effectuer des mesures en en appréciant bien les incertitudes, suivant les principes traditionnels de la métrologie, que décrivent Jean-Luc Laurent et Benoît Gaumont.

De même, pour faire face aux difficiles problèmes soulevés par le développement technologique, Sven Ove Hansson souligne les leçons qui peuvent être tirées d'une discipline remontant aux débuts de l'industrie : l'ingénierie de sécurité. L'un de ses traits caractéristiques est de préconiser plusieurs barrières de sécurité successives, partant du constat que chacune de ces barrières peut s'avérer défailante (pour des raisons techniques ou, tout simplement, parce que l'évaluation des risques et des dangers était inexacte...). Il s'agit, en quelque sorte, de vivre avec de multiples incertitudes, et non pas dans l'illusion qu'on les aurait toutes « éliminées ».

Emmanuel Kant n'affirmait-il pas (déjà...) que l'« on mesure l'intelligence d'un individu à la quantité d'incertitudes qu'il est capable de supporter » ?

¹ D'autres exemples peuvent être trouvés dans le n° 55 de Responsabilité Et Environnement (Juillet 2009) intitulé « Différentes déclinaisons du risque ».

Pierre COUVEINHES

Avant-propos

L'homme en quête de certitudes : entre croyance et savoir

par Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA*

S'il est des termes qui font voyager dans plusieurs univers, l'incertitude est bien de ceux-là. De la physique à la littérature, de la philosophie aux sciences, des mathématiques à la finance et aux arts, elle prend des sens différents selon qu'elle évoque les risques, les doutes, les flous, les savoirs, les croyances, les échelles. Et, par cette polysémie, elle renvoie à des zones de liberté, d'aventures, d'hypothèses, de recherches, de curiosités. Elle est l'ombre portée des certitudes, leur inconfort aussi, qui questionne sans cesse notre volonté de maîtrise, d'organisation, de pouvoir, d'anticipation. Elle devient, selon les cas, prévention, précaution, prospective, observation, mesure, défi, interrogation fondamentale. Du « Je sais bien, mais quand même » de Jeanne Favret-Saada, au « Nous ne croyons pas ce que nous savons » de Jean-Pierre Dupuy, l'homme interroge (et s'interroge) quant à l'irréductibilité de ces espaces, il les traque, il veut les soumettre. Des réponses divines aux explorations scientifiques, l'Histoire en témoigne, l'homme n'a de cesse de découvrir ces espaces, de les décrypter, de les valider ou de les infirmer. Connaître, c'est anticiper. Anticiper, c'est lisser sa vie, éviter les ruptures et les accidents, la prolonger.

Notre société de sciences et de techniques se déclare être celle de l'information, de la connaissance, du savoir, des progrès, des technologies. *A priori*, on pourrait y voir une meilleure maîtrise de nos avenir, de nos environnements et des risques encourus. Et cela est vrai : soigner, prévenir, progresser font partie de notre quotidien de manière à ce que la vie soit plus longue, plus douce, que les maux guérissent, que l'éducation progresse, que le monde se connaisse.

En même temps, il est évident que, plus s'étendent le champ des connaissances et les modes d'observation, plus se révèlent les risques réels, potentiels où à venir. Plus nous en savons sur nos environnements, plus ceux-ci peuvent apparaître hostiles et menaçants. Même la mise en évidence de l'innocuité est suspecte... l'inconnu, une fois révélé, produit des menaces nouvelles. Les peurs changent, elles se déplacent, elles changent de type d'objet, mais elles sont bien là. Les risques « naturels » eux-mêmes deviennent un reproche adressé par la société à des coupables potentiels, qui n'auraient pas su les prévenir. Les risques engendrés par les activités humaines sont considérés comme inadmissibles. La traque de l'incertain est devenue une cause militante et légitime ; le prendre en compte, y compris socialement, est un sujet de recherche et le repousser est devenu une préoccupation essentielle.

Alors, ce sont finalement les peurs, les doutes, les craintes, le sentiment d'impuissance et de menace qui relient entre elles deux mondes *a priori* antithétiques : celui des connaissances et celui de l'incertain (et, au-delà, de la précaution). Les institutions se multiplient autour des termes de sécurité ou de prévention, de même que les lobbies de défense des intérêts des citoyens d'un monde dangereux... Même si les faits – traitement de maladies, mortalité de plus en plus tardive, maîtrise croissante de l'environnement, sécurité alimentaire... – vont dans le sens de la préservation et de l'amélioration, les doutes gagnent du terrain, mettant en cause avancées et innovations.

Si les incertitudes ne sont, pour certaines questions, plus les mêmes, des espaces inconnus s'ouvrent, qui les renouvellent sans cesse : nanotechnologies, changement climatique, pandémies, désordres économiques généralisés, fragilité d'une société de réseaux, manipulations des sciences cognitives, etc. La commercialisation précède la maîtrise, la concurrence préempte l'éthique, la mondialisation relativise les normes et les références, et les interdépendances s'affirment dans des solidarités contraintes.

Ces « nouvelles incertitudes » soulèvent forcément de nouvelles questions. Souvent élaborées à partir du regard scientifique, auquel était traditionnellement attribuée et déléguée la charge de résoudre les problèmes, elles apparaissent aujourd'hui comme autant de constructions réservées aux spécialistes, confisquant aux autres la capacité démocratique d'intervenir. De la crise de confiance à l'incapacité de changer les choses, individuellement ou collectivement, le chemin est court.

La crise de confiance est d'autant plus forte que des questions non encore résolues restent en suspens, accréditant l'idée qu'en l'absence de réponse, même les « sachants » ferment les yeux, dans une foi aveugle aux capacités futures de leur corporation, la science devenant ainsi une forme de croyance...

En outre, une des caractéristiques de notre temps est sans doute le mouvement, la vitesse, dans lesquels doivent s'inscrire productions et échanges, créant, au-delà des concurrences, un sentiment de décalage avec notre propre rythme d'appréhension des nouvelles réalités.

Une complexité grandissante ajoute encore à cette perception de fuite éperdue, dont le contrôle et le sens échappent. Il y faut un citoyen « éclairé », sans doute... Mais sur quoi ? Comment ? Par qui ? Pourquoi ? Avec quels impacts ?

Et avec quelles références ? Tout un chacun devrait-il donc détenir toutes les connaissances du monde ? On voit bien comment, en évoquant une seule question, les champs et les argumentaires interviennent dans le désordre, et se mélangent : science, morale, politique, économie, applications diverses, contextualisations et relativités. La part technicisée de la société apparaît aussi riche que fragile et ses innovations tissent un monde d'incertitudes majeures, face à des risques lourds ou à des retours potentiels de la barbarie.

Vitesse, complexité, confiscation du pouvoir et des savoirs, communication devenue branchement permanent sur les réseaux, connaissances sectorisées... : une société de plus en plus appareillée, illisible et interdépendante survivra-t-elle à la destruction de ses accessoires, de ses prothèses, de ses sophistications ? Les fragilités ressenties sont-elles à écarter, au motif qu'elles relèveraient du domaine des angoisses non rationalisées. Les systèmes sont pris en masse et, sans reprendre la métaphore de l'aile de papillon, la fissuration générale de l'économie mondialisée n'illustre-t-elle pas aussi ces risques ? Effondrement des réseaux, virus du cyberspace, manque d'eau et pollution globale sont, parmi d'autres exemples, des hypothèses aux probabilités sans doute modélisables, mais qui apparaissent aussi à beaucoup comme des quasi-certitudes, et contribuent à alimenter des inquiétudes intimes et des peurs collectives.

L'abandon de modes de vie finalement restés très longtemps assez autarciques (ruralité) au profit de nouvelles pratiques très interdépendantes des techniques, d'autrui, de « métropoles » compactes et de nœuds de réseaux n'introduit-il pas effectivement des vulnérabilités cardinales ? Les mutualisations et les solidarités des anciennes sociétés se sont muées en maillages systémiques (souvent obscurs, pour le profane), qui relèvent, pour beaucoup, de l'image du « secret des dieux », de la sorcière, de l'alchimiste ou autre et qui, dans tous les cas, échappent à chacun et sont délégués à des « responsables » inconnus, des chaînes incertaines, cachées dans des salles et derrière des écrans comme le sont les *traders*, jouant le monde à travers des simulations et des modèles aux limites non-prévues. Et ces zones d'incertitude sont des facteurs anxiogènes évidents (on sait que ça va arriver, mais d'où ? Et comment ?)..., qui rendent même suspect le concept de choix démocratique.

Ces multiples marches forcées vers la conquête de territoires encore inconnus soulèvent le problème de l'abandon des croyances et, par là-même, la question de la confiance.

Déléguer l'incertain, cela suppose que soit confié un mandat à d'autres, « connaisseurs » et prévoyants. Cela suppose la précaution, la prospective et des compétences coalisées, auxquelles confier son destin.

L'aboutissement des savoirs réduisant les incertitudes signe-t-il la fin du croire ? Quel espace de doute et d'interrogations déstabilisants, entre des croyances rassurantes et des savoirs non installés ! Cette inquiétude est sans doute renforcée par les éco-évidences actuelles, sans cesse déversées par les media : perception d'un monde fini, aux limites quasi sensibles.

En outre, derrière le croire, s'élabore et se cache un mythe de compensation : peut-être s'agit-il du produit de l'inconfort des incertitudes : l'incertitude porteuse de la subjectivité et de la richesse des hommes : poésie, esprit, imaginaire, création, imprévu, art, sacré, spontanéité, intuition, etc. Ainsi, l'ignorance même se taillerait la part belle de cette situation, en risquant d'éloigner la toute-puissance du savoir et ses conséquences sur le contrat social : ce sont ceux qui savent qui imposent leur décision, au nom de la confiance que l'on place en eux...ou de sa dérive : « j'ai le pouvoir, donc je sais ».

Simultanément, il existe le sentiment du collectif – valeur humaniste par excellence, à préserver – et du risque de sa perte : le lien social est, en effet, tissé aussi de croyances partagées. Croyances appuyées parfois sur des incertitudes communes, dont certaines sont palliées par des potions magiques ou des replis sur soi ; boucs émissaires, religions, communautarismes, etc. Et pendant que s'impose le cliché d'un individualisme croissant, l'individu et les groupes se bardent d'assurances et de « mutualisations » supposées défier l'incertain et pallier les solidarités hypothétiques des temps passés. Mais les institutions, qui créent, puis portent ces recours et en proposent l'illusion, ne sont-elles pas, elles-mêmes, à la recherche éperdue d'outils, de méthodes et de pensées, en quête de fiabilités prospectives ?

Faut-il donc s'étonner de l'engouement actuel pour le hasard, cet événement de l'incertain, dont la sérendipité** est peut être, en partie, un avatar ? Il est frappant de voir combien on investit aujourd'hui sur la rencontre fortuite comme source de richesse – ce qui correspond certainement à une réalité – tout en risquant de minimiser le fait que celle-ci s'opère avec des personnes au capital cognitif dédié et/ou élevé (voir le livre *De la Sérendipité*, de Pek van An del et Danièle Bourcier). On imagine aisément les risques d'une telle sous-estimation.

Quelle est la pertinence même de cette opposition qui voudrait que le savoir éviterait de croire ? L'acquisition de la connaissance – par la recherche, par exemple – n'est-elle pas déjà, dans ses prémisses et ses cheminements, faite d'autant d'actes de croyance ? L'économie (on semble le découvrir) serait largement de l'ordre de la croyance (Ivar Ekeland) : faudra-t-il mettre en place une « précaution financière » adaptée, dès lors que les logiques de rationalité ou de causes auraient été écartées ? (cf. Mandelbrot et l'insuffisance des modèles).

La progression des incertitudes liées à ces zones obscures et référant à l'élaboration de tissus sociaux de plus en plus complexes est d'autant plus importante, qu'elles vont déterminer des développements à venir : une économie dématérialisée suppose des interdépendances accentuées (Dominique Bourg). Quelle est, en cette matière, la limite d'acceptabilité ?

Des réponses existent : la plus fréquente est l'action, sinon l'activisme ! Le *faire* envahit toute réflexion, masque l'angoisse de ne pas avoir de solution adaptée, de projet global et approfondi suffisamment pertinent (ou de ne pouvoir en appliquer un, faute de temps et

d'emprise sur l'état actuel), et multiplie les réponses de colmatage.

Les modèles mathématiques, les théories des jeux et les scénarios foisonnent, les séminaires sectoriels de sciences humaines et sociales, les appels à la fiction, à la prospective ou à la créativité réunissent les *staffs* autour de noms prestigieux de la pensée. Mais les rythmes problématiques de production et de diffusion des uns et des autres, la multiplicité des contextes auxquels ils s'adressent, les incertitudes grandissantes que ne peuvent manquer de générer tous ces discours composites ne sont-ils pas susceptibles de renforcer les risques perçus de ruptures sociales, d'accident généralisé ? Ou, au contraire, vont-ils susciter, lors d'un constat d'impuissance, des alliances stratégiques et cohérentes pour une humanité évitant le pire..., auquel elle aurait fini par croire, pour faire sa place à ce que la légende conciliatrice du roi Salomon aurait pu appeler « l'intelli-

gence du croire ». L'incertitude est sûrement consubstantielle à la condition humaine, dont la seule certitude est la mort. Vivre avec cette condition suppose sans doute d'en convoquer les dynamiques : elle multiplie les exigences de savoir, de recherches, de rencontres, d'utopies et d'imaginaires, en essayant d'y adjoindre rigueur, respect et transparence.

L'incertitude ne peut être acceptée qu'accompagnée d'une représentation partagée de son éthique, ainsi que d'une vocation humaniste... Mais c'est là une autre histoire...

Notes

* Amble-consultants.

** Sérendipité : caractère d'une découverte inattendue, non anticipée, mais potentiellement féconde dans d'autres domaines, survenue au cours d'une recherche.

Penser les événements extrêmes

Le type d'incertitude qui est lié aux événements extrêmes, qu'ils soient naturels ou moraux, exige des concepts complètement nouveaux. Convaincu que les mots possèdent une sagesse que n'ont pas toujours ceux qui les utilisent, je ne résiste pas à la tentation de me référer à la controverse qui entoure l'étymologie de ce mot étrange : « risque ». D'un côté, il y a ceux qui, avec Wartburg, le font dériver de l'ancien italien *risco*, lui-même issu du latin *resecum*, « ce qui coupe » – d'où les sens de « rocher escarpé », « écueil » et, finalement, de « risque encouru par une marchandise transportée par un bateau » : donc, l'accident. Mais, de l'autre, on trouve ceux qui, avec Guiraud, pensent qu'« il n'y a pas le moindre commencement de preuve à ce roman nautique » et font dériver le mot du latin *rixare* (« se quereller »). Le risque, c'est ce qui émerge du conflit humain – la rixe – lorsque, ainsi que Clausewitz en a fait la théorie, il monte aux extrêmes et, tel un destin indifférent, mène les violents à la destruction mutuelle. Les catastrophes naturelles et les catastrophes morales, de plus en plus, seront indiscernables. C'est la leçon apocalyptique par excellence.

par Jean-Pierre DUPUY*

Faut-il critiquer le principe de précaution ?

Écrire encore sur le principe de précaution? On ne tire pas sur une ambulance !

Dès sa conception, ce principe fut l'objet des confusions les plus élémentaires et le processus qui le porta à la dignité d'être inscrit dans le préambule de la Constitution française rénovée fut une caricature de démocratie. On ne réunit pas les deux Chambres du Parlement pour délibérer sur de la bouillie de chat.

L'Organisation Mondiale du Commerce et d'autres institutions refuseraient, paraît-il, d'appliquer le principe de précaution dans tous les cas où le risque ne serait pas avéré. Cela évoque irrésistiblement la plaisanterie qui faisait rire les cours de récréation, à l'époque lointaine où je fréquentais encore l'école primaire : « Quelle est la différence entre une clé à molette et un tuyau d'arrosage en caoutchouc ? – Il n'y en a pas car tous les deux sont en caoutchouc, sauf la clé à molette. »

Quelle est la différence entre la précaution et la prévention ? Il n'y en a pas car toutes les deux portent sur des risques avérés, sauf la précaution.

Les attendus du principe de précaution se voulaient clairs : la précaution est aux risques « potentiels » ce que la prévention est aux risques « avérés ». L'usage du mot « potentiel » est le signe le plus visible que les promoteurs du principe de précaution ne savaient pas de quoi ils parlaient. Ils voulaient dire « hypothétique », « conjectural » ; ils ont dit

« potentiel ». Sans doute croyaient-ils, comme beaucoup, qu'un coup de dé abolit le hasard. Mais lorsque ce qui était seulement en puissance devient réel, cela ne change rien au fait que ce potentiel aurait pu ne pas s'actualiser. Un risque réalisé reste un risque, et un risque avéré qui plus est, même si c'est *a posteriori* ! Il était donc là, en puissance. Il relève du hasard, de l'aléa, de la chance (tous des mots qui, en arabe ou en latin, désignent le coup de dé). Le complémentaire d'avéré n'est donc pas potentiel. On a presque honte d'avoir à rappeler ce qui s'enseignait jadis en introduction à la classe de philosophie élémentaire.

Le champ de ce qui n'est pas avéré est évidemment sans limites. Il n'est pas avéré que Dieu soit un tigre sanguinaire, mais rien n'interdit d'en exprimer l'hypothèse. Mieux encore : il n'est pas avéré que Dieu *n'est pas* un tigre sanguinaire, il est donc prudent de ne pas en écarter l'hypothèse. Il n'est pas davantage avéré que la vaccination contre l'hépatite B ne provoque pas la sclérose en plaque, ni que les ondes émises par les téléphones portables ne causent pas le cancer du pancréas, donc la prudence recommande de se garder de ces risques de risques. On comprend que les institutions en charge d'appliquer le principe de précaution essaient, désespérément, de refermer les vannes devant la marée puissante qui tente de s'engouffrer dans le vide d'une conceptualisation inexistante. Il n'est donc pas question d'appliquer le fameux principe de précaution si la science n'a pas cautionné l'existence du risque. Il faut donc que le risque soit ... avéré. Devant une telle absurdité – la formu-

lation du principe de précaution ne commence-t-elle pas par les mots suivants : « L'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures... » – on lit, sous la plume de ceux qui battent ainsi en retraite, la justification suivante : attention, un risque avéré n'est pas la même chose qu'un risque certain ! Ce qui revient à dire qu'un cercle n'est pas une ellipse carrée – proposition dont il faut bien reconnaître qu'elle est vraie.

On ne tire pas sur une ambulance, disais-je. Il vaut mieux en revenir à ce qui a motivé initialement la recherche d'une autre maxime de prudence que celle de la bonne vieille prévention. Trop parmi nous l'ont sans doute oublié, ou ne l'ont peut-être jamais su, ou ont préféré le cacher, tant leur mépris pour l'intéressé est grand, mais c'est le philosophe Hans Jonas qui a baptisé ainsi le principe (en allemand : *Vorsorgeprinzip*), lors de la discussion menée sur le rôle de la dissuasion nucléaire américaine dans la sécurité européenne. Le principe de *pré-caution* portait alors sur une menace qui était tout sauf hypothétique : la destruction de l'Europe. Des esprits éclairés cherchaient une alternative à cette forme ultime et monstrueuse de la prévention qu'est la dissuasion nucléaire, où l'on menace en permanence l'autre de lancer l'escalade même que l'on entend prévenir. On est loin des questions d'environnement et de santé, dirait-on. C'est à voir – comme nous le verrons.

Une nouvelle prudence devant les événements extrêmes

Le péché originel du principe de précaution est d'avoir cru que ce qui justifiait l'obligation d'inventer une nouvelle maxime de prudence était une condition épistémique – ce que l'on sait ou non sur le risque en question – et non pas l'énormité des enjeux. C'est parce que nous sommes devenus capables de produire et de détruire avec une puissance inouïe qui dépasse notre capacité d'imagination et de pensée, que nous devons concevoir une nouvelle forme de prudence. Ce n'est pas le manque de *savoir* qui est la situation inédite, mais l'incapacité de *penser* et d'*imaginer* les conséquences et les implications de nos actions. Telle fut l'intuition originelle de Hans Jonas et de son condisciple de Fribourg, Günther Anders, dont on redécouvre aujourd'hui l'œuvre prémonitoire.

En construisant, pour satisfaire cette exigence, l'attitude philosophique que j'ai dénommée le « catastrophisme éclairé », je n'avais pas pensé à un mode de justification, celui que je vais exposer maintenant. C'est le fait d'écrire pour les *Annales des Mines* qui a provoqué en moi le déclic. C'est en effet pour cette même revue que Benoît Mandelbrot inventa jadis un apologue pour illustrer les propriétés singulières des distributions fractales de probabilités – ce qu'aujourd'hui on appelle parfois le « hasard sauvage ».

S'il est avéré, le réchauffement climatique va accroître considérablement – c'est peut-être déjà le cas – la fréquence de survenue d'événements extrêmes : cyclones, tempêtes, crues, déluges, sécheresses, etc., atteindront plus souvent des intensités ou des niveaux très élevés. La notion

intuitive de caractère extrême mêle deux dimensions orthogonales l'une à l'autre : l'amplitude du phénomène et sa rareté. Puisque les événements que l'on considère sont aléatoires, l'outil statistique qui les représente a la nature d'une distribution de probabilités.

Un type de distribution de probabilités retient de plus en plus l'attention des spécialistes, qui tend à remiser la rassurante courbe en cloche (la courbe de Gauss) ou loi normale. On le retrouve dans quasiment tous les domaines où des événements catastrophiques menacent de se produire : les crues des grands fleuves, les cyclones de la région Caraïbe, les éruptions volcaniques et les tsunamis de l'Océan indien, les incendies dans les zones méditerranéennes et ... les bulles financières et leur éclatement. Ce type de distribution donne aux événements extrêmes une probabilité relativement faible, certes, mais considérablement supérieure à celle que leur accorde la loi normale. Le poids d'un événement aléatoire est le produit de son amplitude par sa probabilité. Si des amplitudes immenses ont une probabilité faible, mais non infiniment petite, la catastrophe majeure, bien qu'improbable, va peser d'un poids très lourd sur ce à quoi il faut s'attendre. L'ombre portée par sa survenue éventuelle obscurcit nos perspectives d'avenir.

A ma connaissance, c'est le sociologue italien Vilfredo Pareto qui, le premier, formula le concept de cette distribution. Pareto, qui avait rejoint Léon Walras en Suisse pour créer avec lui l'école de Lausanne, le berceau de l'économie néo-classique, s'intéressait à l'allure de la distribution des revenus dans chaque pays. Il observa que, partout, cette distribution était telle que la moyenne des revenus supérieurs à un revenu donné était dans un rapport constant avec le revenu en question. Si ce rapport est, disons, égal à 1,3, cela veut dire que la moyenne des revenus supérieurs au SMIC est égale à 1,3 fois le revenu du smicard, et que la moyenne des revenus supérieurs à celui du *trader* de la BNP Paribas est égale à 1,3 fois le revenu de ce dernier.

Pareto comprit la raison pour laquelle cette distribution se rencontrait à peu près partout, pour ce qui concerne la répartition des revenus. Imaginons, dit-il, une pluie de dix mille jetons qui s'abat uniformément sur une région où se trouvent cent coupes prêtes à les recevoir. Les jetons tombent indépendamment les uns des autres, la distribution du nombre de jetons par coupe va obéir à la loi normale. La plupart des coupes contiendront un nombre de jetons qui ne sera pas très éloigné de la moyenne, soit cent jetons. Rares seront les coupes qui contiendront très peu de jetons ou, au contraire, plusieurs centaines. Changeons maintenant les conditions de l'expérience en posant l'hypothèse qu'une coupe donnée a d'autant plus de chances d'attirer les jetons qui tombent qu'elle en contient déjà un grand nombre. La distribution des jetons sur l'ensemble des coupes prend dès lors une tout autre physionomie. Les déviations par rapport à la moyenne qu'admet la loi normale se trouvent amplifiées par un mécanisme d'autorenforcement. Les événements extrêmes y acquièrent une probabilité considérablement accrue. Telle est l'origine de ce qu'on appelle aujourd'hui, en économie, la distribution de Pareto : plus on est riche, plus on a de chances de le devenir encore davantage.

Il est facile de reconnaître dans cette distribution une « loi de puissance » au sens des physiciens. C'est aussi une loi « fractale », au sens de Benoît Mandelbrot (1). Il en résulte des propriétés très remarquables.

Une distribution fractale est telle que la moyenne des valeurs supérieures à une valeur donnée est dans un rapport constant avec cette dernière. Considérons la distribution des espérances de vie dans un pays où pèse encore d'un poids important la mortalité infantile. Beaucoup d'enfants meurent à la naissance ou dans les premiers mois de leur existence. Mais si un enfant passe ce cap, il est probable que cela est dû à une constitution particulièrement favorable et que son espérance de vie (ce qui lui reste *encore à vivre*) est grande. Cette relation peut s'étendre jusqu'à un âge plus avancé : plus on a vécu d'années, plus le nombre d'années restant encore à vivre est grand. C'est une relation fractale. Hélas, elle ne se poursuivra pas indéfiniment. Il arrive inévitablement un âge où chaque année supplémentaire de vie ne s'accompagne plus d'un accroissement de l'espérance du nombre d'années restant à vivre, mais au contraire rapproche inexorablement l'individu du terme de son existence.

De la certitude d'être surpris

Dans ce qui suit, je vais prendre comme illustration privilégiée l'exemple des événements extrêmes affectant l'économie, et plus particulièrement ceux intéressant le système financier. L'exemple de la crise financière est éminemment instructif. A en croire les économistes, les mécanismes qui ont conduit à la crise sont en gros élucidés. Tout s'explique rétrospectivement, ou presque. Et, pourtant, la crise a frappé tout le monde par surprise. Qui imaginait durant l'été 2007, voire même au printemps 2008, qu'une crise très localisée dans le secteur du marché des emprunts hypothécaires aux Etats-Unis allait faire vaciller sur sa base tout le système financier mondial ? Il y a donc eu un effet de surprise considérable, mais le fait qu'il y ait eu cette surprise, lui, ne fut pas, ou en tout cas, n'aurait pas dû être une surprise.

Pour faire sentir ce qu'a de remarquable la distribution fractale, Mandelbrot a eu recours à l'apologue suivant : imaginons une région recouverte en permanence par un épais brouillard, où se trouvent un nombre indéfini d'étendues d'eau. Certaines sont de simples mares, d'autres des lacs, d'autres encore de véritables océans. La distribution de la taille de ces différentes étendues d'eau est fractale. On s'engage sur l'une d'entre elles en bateau. Le brouillard interdit d'apercevoir la rive opposée tant que l'on s'en trouve distant de plus d'une journée de navigation (2).

Plus longue aura été la navigation sans qu'apparaisse la rive opposée, plus le navigateur aura de raisons objectives de penser que le nombre de jours qu'il lui reste à passer sur son bateau est grand. Il ne voit pas la rive opposée. Il ne peut donc la considérer comme un terme fixe. Il raisonne au contraire de la manière suivante : le temps déjà important que j'ai passé sans voir le terme me laisse à penser que je me trouve sur une étendue d'eau de taille considérable. Il

est donc probable que le chemin restant à parcourir soit encore long. Cependant, le terme apparaîtra tôt ou tard à sa vue. Et c'est au moment où le navigateur est sur le point de voir ce terme qu'il croit, le plus rationnellement du monde, en être le plus éloigné. Plus le navigateur aura attendu de jours avant que ce moment arrive, plus l'effet de surprise sera brutal.

Je conjecture que tel fut l'état d'esprit du navigateur Bernard Madoff sur la haute mer du banditisme. Plus sa pyramide s'évasait avec l'apport permanent et croissant de nouveaux clients, plus il avait de raisons de supposer que la pyramide allait continuer à s'élargir. Et pourtant, il ne pouvait ignorer que le terme viendrait tôt ou tard, et que tout son système s'écroulerait alors comme un château de cartes. La surprise fut d'autant plus terrible que le schème avait fonctionné longtemps.

Il serait injuste et faux de faire un sort particulier à l'escroc Madoff. Mandelbrot a montré empiriquement que les phénomènes de spéculation sont régis par une loi fractale. Dans la phase euphorique, lorsque la « bulle » enfle, plus on est optimiste, plus on a de raisons de l'être encore davantage. C'est au moment où la bulle est sur le point d'éclater que l'euphorie est la plus forte (3).

La théorie que je viens de présenter existe depuis de nombreuses années et elle a été maintes fois validée par l'expérience. Elle est connue de nombre des acteurs qui constituent le monde financier. Et si certains ne la connaissent pas, leur ignorance est coupable (4). Prenons donc le point de vue de quelqu'un qui connaît la théorie. Est-ce que cela change pour autant son comportement ? C'est toute la question du choix rationnel en avenir incertain caractérisé par un « hasard sauvage ». J'ai pu montrer que la métaphysique temporelle qui est à la base de la théorie de la décision, de ses premières formulations (John von Neumann, Leonard Savage) jusqu'à ses avatars les plus récents et les moins conceptuellement assurés, tel le fameux principe de précaution, rendait impossible de résoudre cette question. Il faut, pour se donner une chance d'y arriver, se placer dans une tout autre conception du temps, que j'ai nommée le « Temps du projet » (5).

Je dois ici me contenter de souligner le paradoxe qui est au cœur de la solution que je propose. La prudence face au hasard fractal dicte une maxime : plus on a de raisons objectives d'être optimiste, plus on se doit d'être catastrophiste et de se tenir sur ses gardes, car le terme est sans doute proche. Cette injonction contradictoire se résout en théorie en comprenant que l'optimisme est rationnel à un certain niveau et que le catastrophisme l'est à un autre, qui transcende le premier, en ce qu'il consiste à prendre le point de vue du parcours déjà achevé et non dans son déroulement. C'est cette forme de prudence que j'ai nommée le « catastrophisme éclairé » (6). Elle implique de se projeter par la pensée *après* la survenue de l'événement extrême et à contempler le chemin parcouru depuis ce point de vue, qui conjugue la surprise et la certitude de la surprise.

Annoncer à quelqu'un qu'il va être surpris évoque pour le philosophe un paradoxe célèbre. Le fondateur de la philosophie analytique américaine, W. V. O. Quine, en a donné un

commentaire subtil. Voici l'une de ses formes : on annonce un dimanche à un condamné à mort qu'il sera pendu un jour de la semaine qui s'ouvre, sans plus de précision. On ajoute cependant une prédiction qui va se révéler un piège diabolique. Lorsque, le jour choisi pour l'exécution, on viendra le chercher au petit matin pour le mener à l'échafaud, il sera surpris. Revenu dans sa cellule, notre homme se lance dans un intense exercice de raisonnement dans l'espoir, sans doute empoisonné, d'en savoir plus sur le terme de son existence. Il lui paraît évident que ce ne peut pas être le dimanche suivant, car, dans ce cas, il serait encore en vie le samedi à midi et pourrait dès lors en déduire avec certitude qu'il serait pendu le lendemain – auquel cas il ne serait pas surpris. Il raye donc le dimanche de la liste des possibles. Puis c'est au tour du samedi d'être éliminé, puisque, le dimanche n'étant plus une option, le même raisonnement, exactement, sera applicable le vendredi à midi, si le condamné est encore en vie. Greffés les uns sur les autres, ces raisonnements le convainquent qu'aucun des jours de la semaine ne peut être *le jour fatidique* – et il en conclut qu'il ne sera pas exécuté. Lorsqu'on vient le chercher, disons, le jeudi au petit matin, il en est donc tout surpris – comme on le lui avait annoncé.

Quelle que soit sa correction logique, ce raisonnement, on l'aura compris, s'appuie sur l'existence d'un terme connu : la vie du condamné ne s'étendra pas au-delà du dimanche à venir. Mais c'est précisément cette condition qui n'est pas satisfaite dans l'univers capitaliste. Madoff s'attendait à ce que le flux de ses clients s'accroisse sans cesse, les spéculateurs espéraient que la bulle continuerait toujours de gonfler, tandis que les sans-logis américains qui s'endettaient à cent pour cent pour acheter une maison comptaient sur la croissance illimitée de sa valeur pour réussir à la financer. La condition de possibilité du capitalisme est que ses agents le croient immortel. Son péché originel est qu'il a besoin d'une ouverture indéfinie de l'avenir pour avoir une chance de tenir à tout moment ses promesses. C'est là que s'enracine la sacralisation de la croissance. Il faut que les agents anticipent qu'une expansion se prolongera jusque dans l'avenir le plus éloigné pour que l'état du système à un moment donné soit satisfaisant – le critère essentiel étant le plein emploi. La leçon de Mandelbrot est que plus le terme est différé, plus sa survie, qui est inévitable, sera brutale.

Les dirigeants de la planète ont remis le capitalisme sur ses rails sans, semble-t-il, s'inquiéter un seul instant de savoir si ces rails ne menaient pas à l'abîme. Plus la locomotive, encore poussive, prendra de l'allure, plus ils seront optimistes et croiront en un avenir radieux. C'est à ce moment précis qu'ils devraient le plus se méfier des raisons de leur optimisme. La catastrophe les guette peut-être au détour du chemin.

Gare au tigre sanguinaire!

Au début de cet article, j'ai posé l'hypothèse que Dieu pourrait être un tigre sanguinaire. Ce n'était pas seulement une façon de parler.

J'en reviens à ce qui fut à l'origine du principe de précaution : la question de la dissuasion nucléaire. Un homme avait coutume de jeter de la poudre chasse-éléphants depuis la fenêtre de son compartiment de chemin de fer. Quand on lui demandait pourquoi il faisait cela puisqu'il n'y avait pas d'éléphants sur la voie, il répondait : « Vous voyez bien que ma poudre est efficace ! ». La légende selon laquelle la dissuasion nucléaire aurait évité à l'humanité de disparaître dans un feu d'artifice atomique relève de la même logique absurde. Dans le documentaire extraordinaire qu'il a réalisé sur la vie et les œuvres de Robert McNamara, sous le titre ô combien clausewitzien *The Fog of War*, le cinéaste américain Erroll Morris demande à celui qui fut le Secrétaire à la Défense de John F. Kennedy ce qui, selon lui, explique que l'humanité ne se soit pas fait sauter dans un holocauste nucléaire au cours du presque demi-siècle que dura la Guerre froide, alors même que les deux grandes puissances nucléaires se menaçaient en permanence d'anéantissement mutuel. La dissuasion ? Quelle plaisanterie ! La réponse de McNamara illustre l'extraordinaire inventivité dans la concision, qui caractérise la langue anglaise : « *We lucked out !* » (« Nous nous en sommes sortis (*out*) par la chance (*luck*) »). Vingt-cinq, trente fois au cours de cette période nous sommes passés à un cheveu de l'apocalypse, à une minute de minuit. C'est la chance, le hasard, qui nous ont sauvés. Mais les choses auraient pu se passer autrement. Mieux, si je puis dire : elles auraient *dû* se passer autrement.

La dissuasion nucléaire implique que chaque nation offre aux possibles représailles de l'autre sa propre population en holocauste. La sécurité y est fille de la terreur. Si l'une des deux nations se protégeait, l'autre pourrait croire que la première se croit invulnérable et, pour prévenir une première attaque, frapperait la première. Cette logique a reçu un nom approprié : MAD (« fou » en anglais), pour *Mutually Assured Destruction*. On dit en français : « vulnérabilité mutuelle ». Les sociétés nucléaires se présentent comme à la fois vulnérables et invulnérables. Vulnérables, puisqu'elles peuvent périr, victimes de l'agression d'une autre puissance ; invulnérables, puisqu'elles ne mourront pas sans avoir à leur tour éliminé leur agresseur, ce dont elles seront toujours capables, et ce quelle que soit la puissance de la frappe qui aura été à l'origine de leur chute.

Or, tout au long de la Guerre froide, deux types d'arguments ont été débattus, qui semblaient montrer que la dissuasion nucléaire sous sa forme MAD ne pouvait être efficace. La première raison portait sur le caractère non crédible de la menace dissuasive : pourvu que le sujet qui menace son adversaire de déclencher une escalade mortelle et suicidaire si ses « intérêts vitaux » sont mis en danger soit doté d'une rationalité minimale (cette rationalité que Hobbes désignait par le terme de *self-preservation*, le désir de se maintenir en vie), placé au pied du mur – disons après une première frappe qui aurait détruit une partie de son territoire – il ne mettra pas sa menace à exécution. Le principe même de MAD est l'assurance d'une destruction mutuelle si l'on s'écarte de l'équilibre de la terreur. Quel chef d'État, victime d'une première frappe, n'ayant plus qu'une nation dévastée à défendre, prendrait, par une seconde frappe ven-

geresse, le risque de mettre fin à l'aventure humaine ? Dans un monde d'États souverains dotés de cette rationalité minimale, la menace nucléaire n'est absolument pas crédible.

Cependant, un autre argument, d'une nature très délicate, fut mis en avant qui concluait également à l'impuissance de la dissuasion nucléaire. Pour être efficace, la dissuasion nucléaire doit être absolument efficace. En effet, un échec ne saurait être admis, puisque la première bombe lancée serait la bombe de trop. Mais si la dissuasion nucléaire est absolument efficace, alors elle n'est pas efficace. En général, une dissuasion ne fonctionne que si elle ne fonctionne pas à cent pour cent (que l'on songe au système pénal : il faut des transgressions pour que tous soient convaincus que le crime ne paie pas !). Mais ici, la première transgression est une transgression de trop. La dissuasion nucléaire n'est donc pas efficace, pour une seconde raison : une dissuasion absolument efficace s'autoréfute ; or, la moindre erreur est fatale.

Tardivement, certains comprirent qu'il n'est nul besoin d'échange de menaces pour rendre la dissuasion nucléaire efficace. La simple existence d'arsenaux nucléaires se faisant face, sans que la moindre menace de les utiliser ne soit proférée ou même suggérée, suffisait à ce que les jumeaux de la violence se tiennent cois. L'apocalypse nucléaire ne disparaissait pas pour autant du tableau. Sous le nom de dissuasion « existentielle », la dissuasion nucléaire apparaissait désormais comme un jeu extrêmement périlleux consistant à faire de l'anéantissement mutuel un *destin*. Dire qu'elle fonctionnait signifiait simplement ceci : tant qu'on ne le tentait pas inconsidérément, il y avait une chance que le destin nous oublie – pour un temps, peut-être long, voire très long, mais pas infini.

En définitive, à en croire la théorie de la dissuasion existentielle, si la dissuasion nucléaire a maintenu, un temps, le monde en état de paix, c'est en projetant le mal hors de la sphère des hommes, en en faisant une extériorité maléfique mais *sans intention mauvaise*, toujours prête à fondre sur l'humanité mais sans plus de méchanceté qu'un tremblement de terre ou qu'un tsunami, avec cependant une puissance destructrice à faire pâlir d'envie la nature. Cette menace suspendue au-dessus de leurs têtes aurait donné aux princes de ce monde la prudence nécessaire pour éviter l'abomination de la désolation qu'eût été une guerre thermonucléaire, qui les aurait tous détruits, et le monde avec eux.

Nous étions partis d'une situation *stratégique*, c'est-à-dire de guerre, où des hommes ou des peuples tentent d'imposer leur volonté à d'autres, et nous nous retrouvons dans la situation d'une catastrophe naturelle. Il convient d'analyser cet étrange retournement.

Les deux arguments invoqués nous convainquent qu'aucune des puissances nucléaires n'a le pouvoir de dissuader les autres. *Et pourtant, toutes ont intérêt à être dissuadées*. Comment résoudre ce paradoxe ? David K. Lewis, probablement le plus grand métaphysicien du XX^e siècle, a défini la dissuasion existentielle d'une formule : « On ne s'amuse pas à taquiner un tigre. C'est aussi simple que cela. » (7). Il faut

prendre cette image au sérieux. La solution consiste à ce qu'ensemble, les puissances créent une entité fictive mais néanmoins effrayante, un tigre symbolique, prêt à tout moment à les déchirer, sans aucune raison ou motif particulier. Ce tigre, c'est évidemment leur violence, extériorisée, chosifiée. C'est aussi la figure du sacré. Je le montre en conclusion.

Pour échapper au paradoxe de l'autoréfutation d'une dissuasion réussie, il faut que la réalité de l'apocalypse nucléaire soit comme inscrite dans l'avenir, telle une *fatalité* ou un *destin*. C'est ainsi que raisonnent les théoriciens de la dissuasion existentielle, en usant de ces mots surprenants de la part de penseurs ou de stratèges « rationnels ». Mais qu'on y songe : si ce programme était réalisé, c'est-à-dire si l'anéantissement nucléaire était *vraiment* notre destin, nous aurions complètement raté notre objectif, qui est de faire que l'apocalypse nucléaire n'ait pas lieu ! La condition qui rend la dissuasion efficace s'autoréfute à son tour. Nous avons simplement déplacé le paradoxe, mais il est toujours avec nous.

Pour en sortir, il faut prendre au sérieux, mieux qu'il ne le fait lui-même, ce que nous dit Robert McNamara dans ses *Mémoires* ou dans le documentaire *The Fog of War* : plusieurs dizaines de fois au cours de la Guerre froide, il s'en est fallu de très peu que l'humanité ne disparaisse en vapeurs radioactives. Echec de la dissuasion ? C'est tout le contraire : ce sont précisément ces incursions dans le voisinage du trou noir qui ont donné à la menace d'anéantissement mutuel son pouvoir dissuasif. Nous avons eu de la chance en n'y tombant pas (« *We lucked out* »), mais c'est ce flirt répété avec l'apocalypse qui, en un sens, nous a sauvés. Il faut des accidents pour précipiter le destin apocalyptique mais, contrairement au destin, un accident *peut* ne pas se produire.

Au cœur de la dissuasion existentielle, on trouve la dialectique du destin et de l'accident. Il s'agit de tenir l'apocalypse nucléaire pour un événement *tout à la fois nécessaire et improbable*. Cette figure est-elle si nouvelle ? On y reconnaît sans peine la figure du tragique. Lorsque Œdipe tue son père au carrefour fatal, lorsque Meursault, l'« Etranger » de Camus, tue l'Arabe sous le soleil d'Alger, ces événements apparaissent à la conscience et à la philosophie méditerranéennes tout à la fois comme des accidents et comme des fatalités : *le hasard et le destin viennent à s'y confondre*.

L'accident, qui fait signe vers le hasard, est le contraire du destin, qui fait signe vers la nécessité, mais sans ce contraire, le destin ne viendrait pas à s'accomplir. Un disciple de Jacques Derrida dirait que l'accident est le *supplément* du destin, au sens où il est à la fois son contraire et sa condition de possibilité.

Ce qui complique le schéma tient au fait qu'il s'agit ici d'un destin dont nous ne voulons absolument pas et qu'il nous faut à tout prix écarter. L'accident, instrument du destin en même temps que sa négation, nous en donne le moyen.

Si nous refusons cette conversion (*metanoïa*) que serait le renoncement complet et simultané de tous à la violence, il nous reste ce jeu risqué qui consiste à jouer constamment

avec le feu : pas trop près, de peur que nous y périssons carbonisés ; mais pas trop loin non plus, de peur que nous oublions le danger. Il ne nous faut ni trop croire au destin, n'y trop refuser d'y croire : il faut croire au destin exactement comme on croit à une fiction.

La dialectique du destin et du hasard nous permet, en principe, de nous tenir à la distance convenable du trou noir de l'apocalypse. Celui-ci étant notre destin, nous en restons solidaires ; mais la nécessité de l'accident pour que le destin s'accomplisse nous en tient suffisamment éloignés.

Or cette structure est exactement celle du sacré primitif, telle que l'a dégagée René Girard (8) : du sacré, il ne faut pas trop se rapprocher, parce qu'il déchaîne la violence ; mais il ne faut pas trop non plus s'en éloigner, car il nous protège de la violence. Le sacré *contient* la violence, dans les deux sens du mot.

J'espère avoir montré que le type d'incertitude qui est lié aux événements extrêmes, qu'ils soient naturels ou moraux, exige des concepts complètement nouveaux. Convaincu que les mots possèdent une sagesse que n'ont pas toujours ceux qui les utilisent, je ne résiste pas à la tentation de me référer, pour conclure, à la controverse qui entoure l'étymologie de ce mot étrange : « risque ». D'un côté, il y a ceux qui, avec Wartburg, le font dériver de l'ancien italien *risco*, lui-même issu du latin *resecum*, « ce qui coupe » – d'où les sens de « rocher escarpé », « écueil » et, finalement, de « risque encouru par une marchandise transportée par un bateau » : donc, l'accident. Mais, de l'autre, on trouve ceux qui, avec Guiraud, pensent qu'« il n'y a pas le moindre commencement de preuve à ce roman nautique » et font dériver le mot du latin *rixare* (« se quereller »). Le risque, c'est ce qui émerge du conflit humain – la rixe – lorsque, ainsi que Clausewitz en a fait la théorie, il monte aux extrêmes et, tel un destin indifférent, mène les violents à la destruction mutuelle. Les catastrophes naturelles et les catastrophes morales, de plus en plus, seront indiscernables. C'est la leçon apocalyptique par excellence.

Notes

¹ Ecole Polytechnique, Paris, et Université de Stanford, Californie. jdupuy@stanford.edu

(1) Outre ces trois appellations, Pareto, loi de puissance, fractale, la distribution que je considère est aussi caractérisée, en anglais courant,

par l'expression *fat tail* (difficilement traduisible en français), qui se réfère à la queue de la distribution, laquelle donne un poids élevé aux événements extrêmes. On trouve dans la littérature le terme « vols de Lévy » pour désigner des marches au hasard dont les pas ont une longueur qui se distribue selon une loi de puissance. La variété de la terminologie, non encore fixée aujourd'hui, témoigne du fait que la forme en question a été découverte, plus ou moins simultanément, dans les domaines les plus divers, qui, chacun de leur côté, lui ont trouvé une dénomination.

(2) Benoît Mandelbrot a publié cet apologue pour la première fois, à ma connaissance, en novembre 1975, dans un numéro devenu aujourd'hui introuvable de la revue *Les Annales des Mines*. L'article s'appelait *Hasard et tourbillons. Quatre contes à clefs*. Cet article est consultable sur Internet à l'adresse suivante : http://math.yale.edu/mandelbrot/web_pdfs/078hasardsettourbillons.pdf.

On trouvera dans son livre *Une approche fractale des marchés*, Odile Jacob, 2004, une introduction à la théorie générale des fractales avec son application aux marchés financiers. Ce livre prémonitoire publié avant la crise semble être passé complètement inaperçu des principaux intéressés. Pour citer le titre d'une interview très récente de Mandelbrot, il y annonçait qu'« il était inévitable que des choses très graves se produisent. » [*Le Monde*, 18-19 octobre 2009]. En anglais, voir Benoît Mandelbrot, *The (Mis)behavior of Markets*, Basic Books, 2004 ; et *Fractals and Scaling in Finance*, Springer, 1997.

(3) Voir Jean-Pierre Dupuy, *La panique*, Les empêcheurs de penser en rond, 2002.

(4) Le livre de Christian Walter et Michel de Pracontal, *Le virus B. Crise financière et mathématiques*, Seuil, 2009, montre que le monde de la finance reste incurablement attaché à la loi normale (le *B* du titre se réfère au mouvement brownien, une marche au hasard dont les pas obéissent à cette loi). Les auteurs attribuent une grande part de la crise financière à la sous-estimation flagrante de l'importance des événements extrêmes dont se sont rendus coupables les agents économiques et financiers.

(5) « *Projected time* » en anglais. Voir Jean-Pierre Dupuy, *The Precautionary Principle and Enlightened Doomsaying : Rational Choice before the Apocalypse. Occasion : Interdisciplinary Studies in the Humanities* 1, no. 1 (October 15, 2009), <http://occasion.stanford.edu/node/28>.

(6) Jean-Pierre Dupuy, *Pour un catastrophisme éclairé*, Paris, Seuil, 2002.

(7) David K. Lewis, *Finite Counterforce* in Henry Shue (ed), *Nuclear Deterrence and Moral Restraint*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989. Une différence remarquable entre les situations française et américaine, qui n'est d'ailleurs pas à l'honneur de la pensée française, est que certains des plus grands philosophes et logiciens d'outre-Atlantique se sont employés à penser la dissuasion nucléaire.

(8) René Girard, *La Violence et le sacré*, Paris, Grasset, 1972.

Quelques éléments de réflexion sur l'incertitude à travers l'histoire des sciences et des idées

L'incertitude a de tous temps accompagné les progrès de la science et de l'industrie : la peur de l'incertain est la face cachée de toute création ou innovation. Une attitude alimente l'autre : anticiper, prévoir, sont certes producteurs d'innovation, d'imaginaires créateurs, mais aussi de replis, de sécurisations, de « précaution » risquant, en retour, de tétaniser la société. On retrouve en permanence cette ambivalence vis-à-vis de la science, qui se nourrit de la science elle-même : elle prend ses racines dans certains courants philosophiques des Lumières (Rousseau) ou de l'utopie (Fourier) ; elle est aujourd'hui théorisée par des réflexions philosophiques plus radicales, comme *L'hypothèse Gaïa* de James Lovelock ou la *Deep Ecology* du Norvégien Arne Naess.

par Alexandre MOATTI*

La peur de l'incertitude, dans nos sociétés, semble affecter le rapport du citoyen à la science et geler en partie l'avancement de celle-ci, comme celui de l'innovation ou de l'industrie. Les freins mis à la recherche sur l'embryon (2003), l'introduction du principe de précaution dans la Constitution française (2005) ou l'arrêt des expérimentations sur les organismes génétiquement modifiés (OGM) (2008) peuvent s'analyser comme des expressions au plus haut niveau politique, en France, de cette peur sociétale face à l'incertitude scientifique.

Mais, contrairement à ce qui nous est parfois présenté pour renforcer le propos, il n'y a pas là nouveauté radicale d'une prise de conscience des dangers présumés d'une science triomphante. On peut en trouver trace, depuis au moins le siècle des Lumières, dans un certain nombre de courants entrant en opposition avec la science ou l'industrie. Les rapports actuels ambivalents entre science et société sont singulièrement éclairés par une mise en perspective de ces ressorts historiques ; nous allons en donner quelques exemples.

« C'est la faute à Rousseau ! » (1)

On connaît l'influence qu'a eue et qu'exerce encore Jean-Jacques Rousseau (1712 - 1778) sur la pensée socialiste ou la pensée écologiste. Le *Contrat social* a inspiré les révolutionnaires jacobins, *l'Émile*, des générations de théoriciens de la pédagogie, « l'état de Nature » et *Les Rêveries d'un promeneur solitaire*, de nombreux courants écologistes et environnementalistes.

On sait moins que Rousseau a été un contempteur de la science, notamment dans son *Discours sur la Science et sur*

les Arts (1750). Selon lui, la science est la fille de l'oisiveté et la petite-fille de la richesse ; l'astronomie serait née de la superstition, les mathématiques de l'avarice et la physique « d'une vaine curiosité ». Il a une vision élitiste de la pratique de la science : celle-ci doit être réservée à quelques esprits géniaux, très peu nombreux ; quant aux autres, ils perdent leur temps à l'étude et en oublient leurs devoirs civiques et politiques :

« Nous avons des physiciens, géomètres, chimistes, astronomes, poètes, musiciens, peintres ; nous n'avons plus de citoyens. »

« L'étude des sciences est bien plus propre à amollir et efféminer les courages, qu'à les affermir et les animer. »

« La science n'est bonne à rien, et ne fait jamais que du mal, car elle est mauvaise par sa nature. »

« Peuples, sachez donc une fois que la nature a voulu vous préserver de la science, comme une mère arrache une arme dangereuse des mains de son enfant ; que tous les secrets qu'elle vous cache sont autant de maux dont elle vous garantit [...] ».

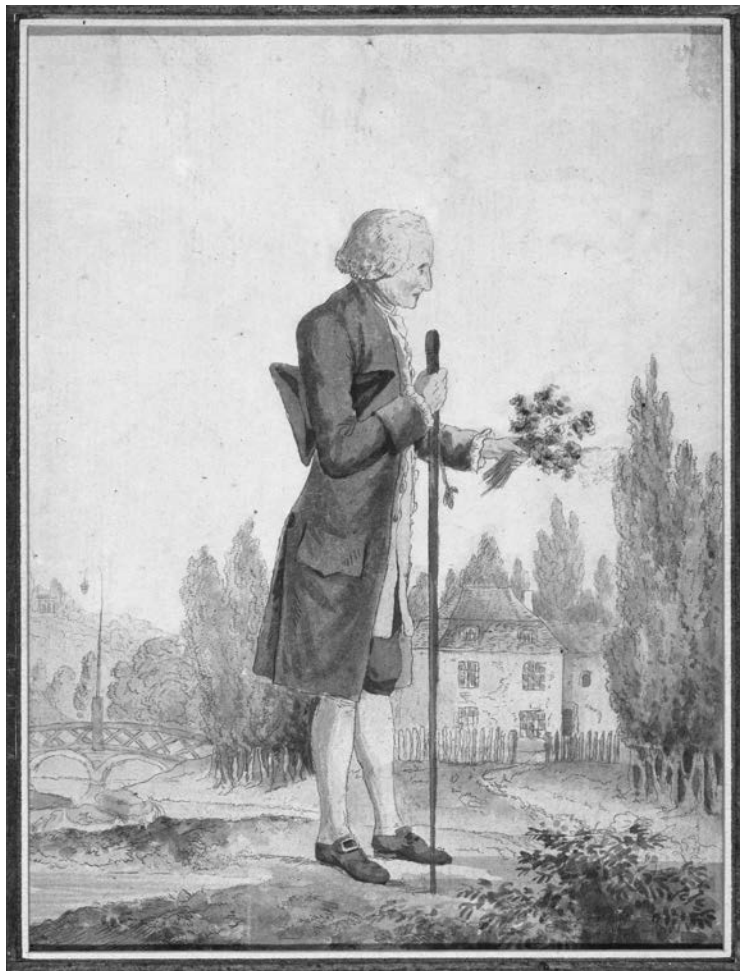
Ces idées sont à replacer dans le contexte d'une époque d'opposition à une science « expérimentale » naissante et génératrice d'incertitude – le savant commence à manipuler des objets et des corps, en physique, en chimie, et ne se contente plus de l'observation (astronomie) ou de la « géométrie » (mathématiques). Par ailleurs, certains historiens des sciences ont souhaité relativiser la portée de ces écrits de Rousseau en rappelant qu'il pratiquait lui-même la science (2), notamment la botanique, à ses heures perdues : il n'en reste pas moins que son discours d'opposition à la science est fort, car il émane de quelqu'un à qui, justement, la science n'est pas totalement étrangère.

Ce débat sur la science expérimentale – que l'on peut rapprocher des débats actuels entre science et société – se poursuivra en France, sous la Révolution, où, comme le rappelle le philosophe François Ewald, deux visions de la science s'affrontent : celle de Rousseau, de Marat et des Jacobins, d'un côté, et celle de Condorcet, de Lavoisier et de Prieur de la Côte d'Or, de l'autre (3). C'est la seconde vision qui l'emporte à ce moment-là – la science comme moteur de l'épanouissement et de la Nation –, avec la création des écoles scientifiques (de l'École Polytechnique, notamment, en 1794), et qui ouvre la voie au positivisme triomphant de la seconde moitié du XIX^e siècle.

Avançant un peu dans le temps, nous choisirons notre deuxième exemple dans les utopies socialistes des années 1810-1830, tout particulièrement celle de Charles Fourier (1772-1837). On connaît, là encore, l'influence de ce philosophe sur la pensée socialiste : il fut l'un des premiers à parler de l'amélioration du sort des ouvriers – et fut un des principaux inspirateurs de Karl Marx. Sa fantasmagorie n'est pas non plus étrangère au mouvement surréaliste d'André Breton, ni au mouvement anarchiste de Mai 68 (4).

La pensée de Fourier est fort complexe, et pour tout dire totalement délirante dans certains de ses écrits (voir, par exemple : *Harmonie aromale des astres*). A l'inverse de Rousseau, Fourier ne pratique pas la science, fût-ce en amateur –, mais il éprouve une sorte de fascination médiévale et scolastique pour la théorie de l'attraction universelle de Newton, sans la comprendre d'ailleurs. Le fouriérisme, comme le saint-simonisme, qualifiés tous deux d'« utopies socialistes », puisent aux mêmes sources d'un « newtonisme social (5) », faisant vœu de transposer l'harmonie du monde céleste à une harmonie du monde humain.

En parallèle à cette fascination de Fourier pour la science, on trouve dans son ouvrage intitulé *Détérioration maté-*



© Paris, Musée Carnavalet/ROGER-VIOLLET

« Certains historiens des sciences ont souhaité relativiser la portée de ces écrits de Rousseau en rappelant qu'il pratiquait lui-même la science, notamment la botanique, à ses heures perdues : il n'en reste pas moins que son discours d'opposition à la science est fort, car il émane de quelqu'un à qui, justement, la science n'est pas totalement étrangère ». « Jean-Jacques Rousseau herborisant à Ermenonville », gravure, musée Carnavalet, Paris.

rielle de la planète une opposition virulente à l'industrie capitaliste, en même temps que les premières idées « écologistes », véritables prémisses d'une « écologie (6) » :

« Sortir promptement de l'état Civilisé, Barbare, Sauvage, et remédier aux souffrances de la planète. »

« Préserver de l'excès de population qui est l'un des écueils du monde Civilisé. »

« Le tableau des ravages de l'industrie civilisée, des fléaux dont elle affecte la superficie de la planète. »

« Je viens de signaler en industrie une duplicité non moins choquante, celle des nations civilisées et barbares, en collusion pour dégrader la superficie de la planète. »

On notera au passage que Fourier déplore, dans les années 1820, le

refroidissement de la planète : il évoque le gel à Nice durant l'hiver 1820, l'accroissement des glaces polaires et alpines – à l'époque de la petite ère glaciaire (env. 1300-1840), le réchauffement climatique était ardemment souhaité.

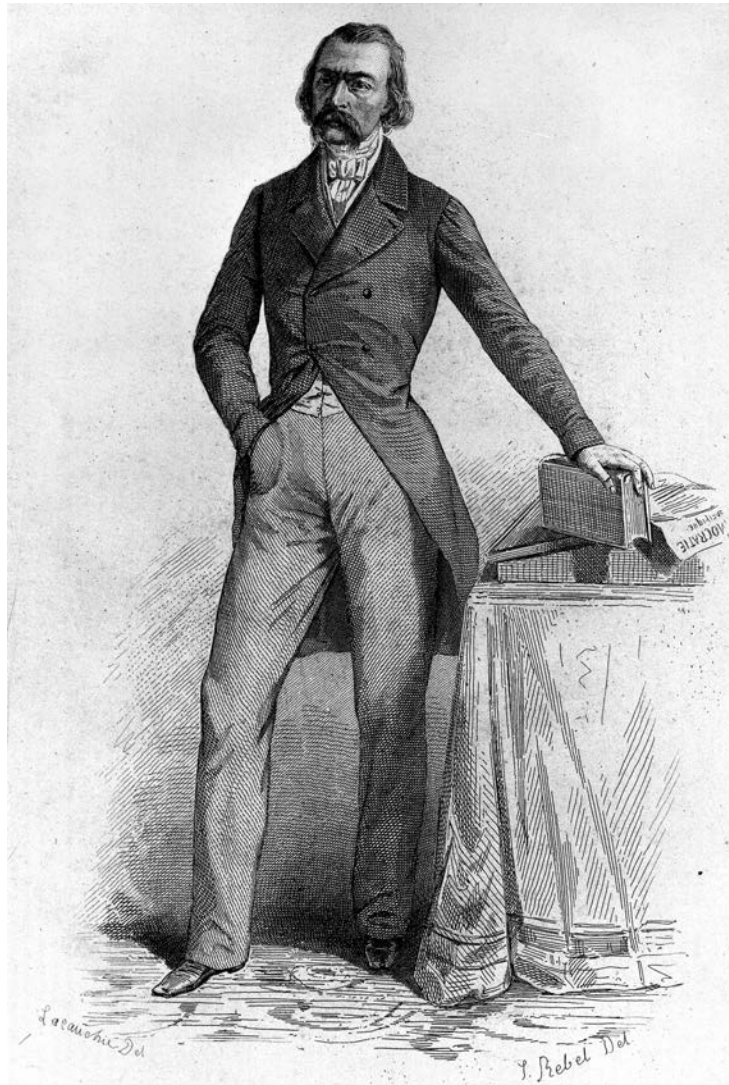
Il est certes évident que l'opposition à la science ou à l'industrie est bien plus ancienne que l'éclosion des mouvements environnementalistes dans les années 1970. Il est néanmoins intéressant de s'en rendre compte, à la lecture de ces deux philosophes. De manière complémentaire, à la lumière de Rousseau et de Fourier, nous sommes amenés à formuler deux hypothèses.

L'influence de ces penseurs – ou de l'idée que l'on se fait de leur pensée – sur l'inconscient collectif, en même temps que sur les mouvements politiques écologiste ou socialiste, est tellement importante et universelle que leur pensée a été harmonisée, voire réduite à un socle à peu près acceptable par chacun d'entre nous, laissant de côté une partie moins connue de leur œuvre, une face cachée. Nous pensons néanmoins – première hypothèse – que c'est l'ensemble de l'œuvre de ces deux philosophes, y compris les

aspects anti-scientifiques ou anti-industriels, qui imprègne, en filigrane, voire de manière résurgente de nos jours, les mouvements politiques d'inspiration écologiste ou socialiste. Et cela nous amène à réfléchir à la compréhension que nous pouvons avoir aujourd'hui de ces mouvements.

Par ailleurs, ces deux philosophes s'inscrivent chacun dans un mouvement de pensée plus vaste – Rousseau, dans celui des Lumières, et Fourier, dans l'utopie socialiste. On a vu que l'idéologie rousseauiste s'opposait, dans son rapport à la science, à celle d'un autre philosophe des Lumières, par ailleurs mathématicien réputé, Condorcet. De la même manière, Fourier s'oppose aux idées du comte de Saint-Simon (1760-1825) : nés dans le même creuset de l'utopie, maniant des idées analogues, les deux mouvements s'entrechoquent, entre 1820 et 1870, et se disputent des disciples – des militants, dirait-on de nos jours –, issus eux aussi du même creuset, notamment de l'École polytechnique (7). Et comme les tenants de Condorcet, malgré les idées de son collègue Rousseau, ont mené la révolution scientifique française de 1795 à 1820, le saint-simonisme conduira à – et conduira – la seconde révolution industrielle (8), celle du chemin de fer, dans les années 1850. Le saint-simonisme catalyse de manière positive une certaine vision de la science et de l'industrie : mais, justement, le fouriérisme, inspirateur du marxisme, n'est-il pas l'éternelle face cachée d'un saint-simonisme triomphant, inspirateur d'une France d'ingénieurs ?

Cette intrication nous amène à notre deuxième hypothèse : toute doctrine nouvelle qui devient dominante – celle des Lumières et de l'épanouissement par la connaissance



© ROGER-VIOLETTE

« Le mouvement saint-simonien sera porté, après la mort de Saint-Simon, par de célèbres polytechniciens [...]. Mais le fouriérisme n'est pas en reste et va chercher ses troupes dans le même vivier : le polytechnicien Victor Considerant (1808-1893) portera sa vie durant la doctrine du maître, comme l'ingénieur des Mines Abel Transon (1805-1876), mathématicien, transfuge du saint-simonisme ». « Victor Considerant », gravure par Alexandre Lacauchie et Jules Rebel.

seconde révolution industrielle, Huzar, homme éclectique et fortuné, lance une mise en garde contre l'« orgueil de la science » et stigmatise – lui aussi – les dangers de l'industrie et de la « science expérimentale », c'est-à-dire de celle qui vise à utiliser et à modifier la Nature, et pas seulement à l'expliquer – notre « technoscience » en quelque sorte. Il met à profit les controverses de son époque (inondations dues aux déforestations, accidents meurtriers de chemin de fer, craintes liées aux débuts de la vaccination,...) pour dénoncer une société productrice de risque et d'incertitude. Loin d'être un ouvrage de science-fiction, ce pourrait être, avant l'heure, un bréviaire de la société du risque, ou plutôt de la société du risque tel qu'accepté lors de la révolution industrielle du XIX^e siècle. Il nous montre que les débats autour de la « technoscience » ne sont pas aussi radicalement neufs qu'on voudrait nous le faire croire, infirmant

philosophique et scientifique ou celle de l'industrie saint-simonienne triomphante – produit en son sein sa propre opposition, sa propre face cachée. Ainsi, la Nation secrète en ses propres élites une opposition à la tendance dominante : de nos jours, à l'ère d'une « technoscience » qui s'est infiltrée dans tous les domaines de la vie quotidienne, de nombreux chercheurs ou ingénieurs, formés à la science, contribuent à un écologisme politique et militant. C'est aussi parce que ces idées sont portées au niveau des élites qu'elles trouvent une forte résonance dans l'opinion.

Mais poursuivons notre voyage dans le temps, et, après Rousseau et Fourier, intéressons-nous à un personnage beaucoup plus obscur, Eugène Huzar (1820-1890). Jean-Baptiste Fressoz a récemment exhumé ses œuvres, notamment *La fin du monde par la science* (1855) (9). En ce début de la

ainsi le fait que seuls certains visionnaires ou certains hommes de communication éclairés de la fin du XX^e siècle nous auraient ouvert les yeux sur le risque industriel. Certes, la dramatisation actuelle aide à une prise de conscience plus générale, et les risques sont sans conteste plus grands à notre époque, mais l'histoire de l'environnement n'est pas celle d'une prise de conscience récente : comme l'indique Fressoz, déjà, au XIX^e siècle, les acteurs « étaient bien conscients de l'incertitude gigantesque produite par leurs choix technologiques, ils étaient bien conscients de défaire leurs environnements et ils ont sciemment décidé de passer outre [...]. Il apparaît trompeur de raconter la révolution industrielle comme l'histoire de sociétés modifiant de manière inconsciente leurs environnements et réalisant *a posteriori* leurs erreurs ». On notera aussi chez Huzar l'idée d'une « édilité planétaire », un gouvernement mondial constitué de savants, une sorte de GIEC (10) Prix Nobel avant l'heure : ce n'est pas une anticipation, mais plutôt une indication sur la similitude des idées qui pouvaient germer à l'époque avec celles d'aujourd'hui.

Écologie profonde

Au XX^e siècle, une véritable philosophie de l'écologie (parfois appelée écosophie) fait son apparition, d'abord dans le monde anglo-saxon, s'appuyant, elle aussi, sur la science. Nous présenterons sommairement ci-après deux de ces théories, parmi d'autres : *L'hypothèse Gaïa* et la *Deep Ecology*.

James Lovelock (né en 1919) est un scientifique britannique « géo-physiologiste », comme il se désigne lui-même – c'est-à-dire physiologiste de la planète Terre. Il lance, en 1972, *L'hypothèse Gaïa*, du nom donné par les Grecs à la déesse Terre. Cette théorie décrit notre planète comme vivante, à l'instar de ses occupants : à la différence des autres planètes, elle régule sa température par le truchement de l'effet de serre (11) ; elle fait partie d'une biosphère,



© Nick Sinclair/SCIENCE PHOTO LIBRARY-COSMOS

« James Lovelock (né en 1919) est un scientifique britannique "géo-physiologiste", comme il se désigne lui-même – c'est-à-dire physiologiste de la planète Terre. Il lance, en 1972, *L'hypothèse Gaïa*, du nom donné par les Grecs à la déesse Terre. Cette théorie décrit notre planète comme vivante, à l'instar de ses occupants ». James Lovelock en 1993.

re, où elle est en interaction avec les autres éléments vivants, du micro-organisme végétal au plus gros mammifère, en passant par l'être humain. Le biomorphisme est poussé plus loin par Lovelock quand il imagine que « la Terre devient moins résistante en vieillissant » ou que le réchauffement climatique s'assimile à une « fièvre » de notre planète. Il estime qu'il est trop tard pour le développement durable et qu'il convient d'opter pour un « repli durable ». D'un point de vue épistémologique, il s'oppose à une pensée atomiste et réductionniste, à la Descartes, qui nous aurait asservis au dogme de la distinction sujet/objet. Il prône une philosophie holistique (12), qui

considère les éléments vivants dans leur tout et dans leurs interrelations, une approche *top-down*. Il va jusqu'à étayer son écosophie en utilisant le principe des états intriqués de la physique quantique (13) : tous les éléments vivants, y compris la planète elle-même, interagissent entre eux, même à distance.

L'approche de Lovelock, qui depuis 2000 suscite un intérêt croissant chez certains scientifiques – et bien sûr, dans certains mouvements écologistes –, a ceci d'intéressant qu'elle se distingue des courants écologistes dominants – il revendique cette petite musique différente en attribuant l'origine à sa solide formation scientifique : par exemple, il est pro-nucléaire et il n'accorde qu'une confiance très limitée aux énergies renouvelables ; de même, il estime que le réchauffement climatique d'origine solaire est beaucoup plus grave pour l'avenir de Gaïa que le réchauffement d'origine anthropique.

Arne Naess (1912-2007) est, quant à lui, un philosophe norvégien, théoricien de la *Deep Ecology*, ou écologie profonde. Cette doctrine prend appui sur la science et a, elle aussi, une interprétation fort extensive de la physique quantique – cette « nouvelle science » venant fort opportunément à l'appui de la nouvelle vision du monde propre à l'écologie. Ainsi, la physique aurait abandonné une vision matérielle de particules bien définies dans l'espace au pro-

fit d'un flux permanent d'échanges d'énergie. Comme chez Lovelock, la vision cartésienne distinguant clairement sujet et objet serait dépassée, laissant la place à une vision holiste : l'homme n'est pas une entité isolée, mais un des constituants du monde qui l'entoure, et il est en échanges permanents avec son environnement, ces échanges formant la « toile de la vie » (*Web of life*). La biologie serait la science-reine, ayant détrôné la physique dans la primauté de description de la nature et du monde (14).

L'impossibilité d'une distinction entre observateur (sujet vivant) et entité observée (objet inanimé) découle d'une interprétation très extensive, au niveau macroscopique, du principe d'Heisenberg utilisé en physique quantique, une interprétation souvent faite dans les doctrines se rattachant à l'écologie profonde. Cette interprétation est parfois poussée à l'extrême, avec de curieuses conclusions. Par exemple, certains écologistes (15) dénie à l'*U.S. National Forest Service* le bien-fondé de sa modélisation des écosystèmes forestiers : la compréhension de la nature passe nécessairement, à leurs yeux, par l'immersion dans la nature. « La carte n'est pas le territoire » : la Terre est un organisme vivant et doit être étudiée en conséquence – toute modélisation, par définition externe à la nature, est invalide. On retrouve là une des réticences majeures de ces mouvements à l'égard de la technologie informatique, support d'une « société cybernétique » qui isole l'homme dans la virtualité et le coupe de son environnement réel. Dans le même ordre d'idées, l'écologie profonde veut « questionner la technologie », et rappelle, en l'amplifiant, l'identité sémantique entre technologie et technocratie, l'une étant décrite comme le ressort du pouvoir exercé par l'autre.

Nous terminerons notre lecture engagée de l'utilisation de la science par certains courants de pensée à travers l'histoire avec un roman de science-fiction – on sait bien que ce qui caractérise celle-ci, c'est qu'elle ne se réalise jamais (ou alors, sur une autre planète que la nôtre !) Dans *Le Meilleur des mondes*, d'Aldous Huxley (1932, *Brave New World*, en anglais) (16), l'Administrateur mondial Mustapha Menier, un ancien physicien – c'est un point significatif – explique, en un épilogue tenant lieu de clef au roman, comment il tire les ficelles de cette société du bonheur totalement aseptisée :

« Nous ne voulons pas changer. Tout changement est une menace pour la stabilité. C'est là une autre raison pour que nous soyons si peu enclins à utiliser des inventions nouvelles. Toute découverte de la science pure est subversive en puissance ; toute science doit parfois être traitée comme un ennemi possible. Oui, même la science [...] »

La science est dangereuse ; nous sommes obligés de la tenir bien soigneusement enchaînée et muselée. [...] Voilà pourquoi nous limitons avec tant de soin le rayon de nos recherches [...] Cela n'a pas été une fort bonne chose pour la vérité bien entendue. Mais ç'a été excellent pour le bonheur. »

Le personnage d'Huxley nous explique que le monde est passé d'une civilisation auparavant fondée sur la vérité de la science et la beauté de l'art à une civilisation fondée sur le confort et le bonheur. Dans cette dystopie, ou utopie « négative », immense succès de son auteur, la civilisation s'est fermée les voies d'une science libre, car celle-ci est

jugée trop génératrice d'incertitude. Prenons garde à ne pas nous bâtir un « meilleur des mondes ».

Notes

* Alexandre Moatti, 50 ans, X-Mines, a effectué sa carrière dans le public et dans le privé. En 2003, alors au cabinet de la ministre de la Recherche, il a créé le portail science.gouv.fr, dont il assure la direction de la publication ; il est aussi directeur de la bibliothèque numérique d'histoire des sciences : bibnum.education.fr. Il a été en 2005-2006 Secrétaire général du projet « Bibliothèque numérique européenne ». Il est depuis 2007 délégué général de la fondation de culture scientifique C.Génial (www.cgenial.org). Il est par ailleurs auteur de plusieurs ouvrages de vulgarisation et d'histoire des sciences chez Odile Jacob (voir son blog www.maths-et-physique.net), maître de conférences à l'ESSEC et à l'EHESS (séminaire « Une approche historique de l'alterscience »), et président de la Société des amis de la Bibliothèque et de l'histoire de l'École polytechnique (SABIX).

(1) « Je suis tombé par terre, c'est la faute à Voltaire ! Le nez dans le ruisseau, c'est la faute à Rousseau ! », ritournelle de Gavroche, dans *Les Misérables* de Victor Hugo (1862).

(2) Voir Bernadette Bensaude-Vincent et Bruno Bernardi (dir.), *Rousseau et les sciences*, L'Harmattan, 2003.

(3) Claude-Antoine Prieur-Duvernois (1763-1832), officier du Génie, homme politique révolutionnaire (membre du comité de Salut public). Un important fonds d'archives UAP-Prieur de la Côte d'Or est déposé à la bibliothèque de l'École polytechnique (voir *Bulletin de la SABIX*, n°8, décembre 1991).

(4) On connaît le mot prêté au normalien Georges Pompidou à propos du mouvement de Mai 68 : « Au fond, tout ça, c'était Breton » (rapporté par Julien Gracq, cité par Louis Janover, *Cent ans de servitude ; Aragon et les siens*, Sulliver, 1998).

(5) Dans un autre champ scientifique, on a beaucoup parlé, en 2009 – l'année Darwin – des interprétations extensives, dites du « darwinisme social », pouvant aller jusqu'à appliquer la théorie de la sélection naturelle à l'eugénisme.

(6) Voir notamment René Schérer, *L'écologie de Charles Fourier*, Ed. Anthropos, 2001. On retrouvera ce néologisme plus loin, à propos de l'écologie contemporaine – ou philosophie de l'écologie.

(7) Le mouvement saint-simonien sera porté, après la mort de Saint-Simon, par de célèbres polytechniciens : Prosper Enfantin (le « père Enfantin », 1796-1864), Michel Chevalier (1806-1879), ingénieur des Mines, conseiller influent de Napoléon III, ou Paulin Talabot (1799-1885), fondateur du réseau ferroviaire P.L.M., l'un des premiers chefs d'entreprise industrielle – l'un des premiers représentants du « patronat ». Mais le fouriérisme n'est pas en reste et va chercher ses troupes dans le même vivier : le polytechnicien Victor Considerant (1808-1893) portera sa vie durant la doctrine du maître, comme l'ingénieur des Mines Abel Transon (1805-1876), mathématicien, transfuge du saint-simonisme.

(8) On ne peut pas manquer de faire un parallèle, peut-être abusif, mais particulièrement tentant (d'autant qu'il a déjà été fait), de relecture de ces deux mouvements socialistes du XIX^e siècle, en comparant le saint-simonisme à la « nouvelle gauche », et le fouriérisme à la gauche traditionnelle ou radicale.

(9) Eugène Huzar, *La fin du monde par la science* (1855), Introduction par Jean-Baptiste Fressoz, postface de Bruno Latour, Éditions Ère, 2008.

(10) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé en 1988 par l'ONU, lauréat du prix Nobel de la paix en 2007.

(11) Rappelons que contrairement à une idée fortement ancrée, l'effet de serre est indispensable à la vie sur Terre, puisqu'il permet de faire

passer la température de surface de la planète de -18°C (température de rayonnement du corps noir constitué par la Terre, à distance donnée du Soleil) à $+15^{\circ}\text{C}$ (grâce à la réflexion, par l'atmosphère, en retour vers la Terre, d'une partie de ce rayonnement). C'est, bien sûr, l'augmentation de l'effet de serre qui pose problème.

(12) Le « holisme » (de *holos*, gr.: le tout) est une doctrine philosophique non spécialement rattachée à l'écologie, mais utilisée par cette dernière. Suivant cette doctrine récente (années 1920) et de manière simplifiée, car elle a plusieurs acceptions, l'étude du tout prime sur l'étude de ses constituants : un système ne peut être étudié que dans le cadre global dans lequel il s'inscrit. En sociologie, le holisme s'oppose à l'individualisme de nos sociétés.

(13) La physique quantique, depuis les interprétations extensives du principe d'indétermination d'Heisenberg jusqu'aux broderies sur le chat de Schrödinger – comme la théorie des mondes multiples – a, depuis les années 1920, été source d'inspiration pour nombre de théories connexes. Depuis les années 1980, c'est un de ses principes fondamentaux, l'intrication des particules, qui est très prisé dans certaines approches holistiques ou écologistes. Leur apparition a été concomitante : c'est entre 1965 et 1985 (des inégalités de Bell aux expériences

d'Aspect) que le principe d'intrication a été confirmé comme intrinsèque à la description quantique de la réalité.

(14) Il n'est pas banal de constater, si l'on suit cette idée de l'écologie profonde, qu'une « philosophie de la nature » a chassé l'autre : la philosophie de la Nature, au XXI^e siècle, c'est celle qui s'intéresse à la nature au sens environnemental, à savoir l'écologie ou la biologie ; la *philosophie de la nature*, au XVII^e et au XVIII^e siècles – la *Naturphilosophie* – était le terme utilisé pour désigner la physique (ce dernier terme n'étant pas encore utilisé).

(15) Voir notamment William Devall et George Sessions, *Deep ecology* (1985). Gibbs Smith, Salt Lake City.

(16) La traduction française de ce titre anglais (à mon sens pourtant plus parlant) n'est pas neutre : le titre anglais est une référence littéraire à Shakespeare (premier vers de *La Tempête*), comme le titre français est une référence à la phrase « Tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes possible » (Voltaire, *Candide*), phrase d'ailleurs mise en exergue par Huxley sur la page de garde. Ceci nous ramène aux Lumières et aux utopies, avec lesquelles nous avons commencé notre article.

Probabilité et incertitude

La probabilité est au cœur des débats contemporains autour de la maîtrise de l'incertain et du risque. La question du risque et de son évaluation a largement dépassé ses enceintes originelles – juridique, médicale, assurantielle et industrielle – pour s'instiller peu à peu dans tous les domaines de la vie, de la sphère publique jusqu'au niveau le plus intime de la sphère privée. La logique de précaution (1), qui est présente dans tous les débats scientifiques, technologiques et éthiques d'aujourd'hui, se nourrit, au bout du compte, d'illusions : celle du risque « zéro » et, par là, celle du savoir absolu. Le calcul des probabilités est dès lors devenu central dans le gouvernement de l'incertain, désormais placé sous la focale du paradigme de précaution et de son principe éponyme.

Quelle est cette probabilité omniprésente aujourd'hui ? Y aurait-il méprise sur la probabilité inaugurée, dans l'indifférence générale, par Pascal, en 1654, lorsque le calcul des probabilités s'appelait la « géométrie du hasard » ? Il s'agira dans cet article de questionner l'héritage probabiliste et ses écueils pour l'homme de la précaution et notamment de s'interroger sur le rôle que joue la probabilité en ces temps d'incertitude.

par Dominique DEPRINS*

« Toute prédiction est un rêve qui ment »

Le stigmaté

Théodore de Banville

Mise en perspective

La probabilité, qui apparaît [1] au XVII^e siècle, participe de la transformation de la pensée occidentale : elle instille une nouvelle façon de penser, de raisonner, de calculer, de croire en Dieu [2], aussi, et, plus tard, de gouverner par la « raison probabilitaire » [3]. C'est ce que d'aucuns appelleront la « révolution probabiliste » [4]. La découverte de l'infiniment petit, sous le microscope – a fait éclater le cosmos clos, géocentrique et fini du Moyen Âge, où l'homme était à sa mesure et, en même temps, « la mesure de toute chose » (Protagoras). Cette découverte allait soulever la question du hasard, à laquelle les Temps modernes répondront par la science que tout n'arrive pas par hasard. A l'aube bouleversée de notre modernité, Pascal est ainsi confronté à un vide de signification. Or, il a horreur du vide [5] : en réponse, il inaugure un régime de savoir prodigieusement audacieux et révolutionnaire. Même si, le moment venu, d'autres penseurs eurent eux aussi des idées sur les probabilités, Pascal en est le fondateur. Il est contemporain de Kepler, de Galilée et de Descartes, qui, contrairement à lui, ne feront que peu ou pas de place à la formidable puissance critique de l'affirmation de l'infinité cosmique [6]. Sans toge ni diplôme, Pascal met au défi les plus grands mathématiciens de son époque – Huygens, Fermat, Descartes et Leibniz – notam-

ment sur la probabilité, dans un parfait esprit de rigueur et d'objectivité. Et en même temps, la mutation d'un monde clos à l'univers infini [7] ouvre sur la question de la subjectivité, débat auquel participera Pascal, convaincu que l'homme, soudain « disproportionné », n'y trouve plus son lieu : le centrage de l'homme sur lui-même lui offre un micro-cosmos, là où le point cartésien, fixe et assuré, ne le peut pas. Dans un désaveu volontaire de la raison, la pensée pascalienne s'inscrit dans cette quête infinie de soi se saisissant avec passion de son nouveau système de référence [8] ; la probabilité en fait partie.

Pascal éclaire notre époque parce qu'avant tout, il est terriblement de la sienne. L'époque de Pascal fut une période critique qui n'est pas sans rappeler les temps de crise que nous traversons aujourd'hui ; des temps d'insécurité où les structures sociales et psychiques menacent de se dissoudre (2). Et si notre modernité fut dévolue aux fastes de la science, de ses progrès et de la conquête de la nature, un hasard inquiétant fait aujourd'hui son retour, sous les oripeaux des incertitudes radicales que nous connaissons, qui dessinent les contours (allant s'élargissant) du monde des exclus. Notre monde fragmenté, en dépit de sa volonté d'unification conquérante, voit ses ultimes passerelles (économiques et financières) voler en éclats, ses risques se transformer en sinistres et l'incertitude connaître une extraordinaire promotion. On pense immédiatement aux incertitudes que

révèlent les problèmes environnementaux, sanitaires, industriels et financiers, dans leur dimension de menace globale, mais ces incertitudes, avec leur lot d'inquiétude, se sont instillées bien au-delà de ces quatre sphères.

La logique de précaution

Pascal est à l'origine d'une disposition qui, lorsqu'elle est mal vécue, devient précaution. Pascal, c'est la structure, mais le précautionisme est un phénomène actuel. Cette attitude particulière face à l'incertitude, qu'est la logique de précaution, définit une éthique des rapports que l'homme entretient avec le risque, la vie et l'Autre. Désormais, cette attitude de précaution met l'ignorance au banc des accusés : du grand décideur au plus simple citoyen, chacun est potentiellement responsable des risques qu'il encourt ou fait encourir aux autres, et peut, dès lors, se voir sanctionné. Voilà l'homme de la précaution pris dans une contradiction : celle d'anticiper, et donc de savoir, de prédire et de prévoir sans limite... pour limiter en retour tout excès présumé qui constituerait une menace pour la sécurité sanitaire, alimentaire et environnementale de la planète et de sa postérité.

Sous ce double régime d'un impératif de connaissance et de prévision à des fins anticipatives et d'une « morale collective du risque et de l'incertitude » [9], qui s'apparente, à bien des égards, à une « spiritualité », voire à une religion, il n'est pas étonnant qu'en fouillant le passé pour tenter d'éclairer le présent, Pascal [10], par son célèbre pari, notamment, ait semblé conjuguer, à sa manière, dès le XVII^e siècle, ce double versant : très schématiquement, le versant de la probabilité qu'il inaugura, et celui de la foi, qu'il bouleversa. A travers toute l'œuvre de Pascal, les deux versants – objectif et subjectif – de ce monde « comme ouvert en son milieu » [11] dès le XVII^e siècle, resteront intimement liés, conjuguant le paradoxe jusqu'au cœur même de son concept de probabilité. En effet, Pascal met l'homme au défi de continuer de penser avec une contradiction interne :



© Paris, Petit Palais/akg-images

« Cette tonalité mélancolique rappelle que la mélancolie fonda la science ; elle dessine la figure du précautionneux. » *Melancholia*, gravure d'Albrecht Dürer (1471-1528), 1514.

Pierre Bayle disait de lui qu'il était « un individu paradoxe de l'espèce humaine ». D'une probabilité où continuait de se loger une contradiction interne, le paradigme de précaution a consacré la désintri-cation de ses deux versants antinomiques, dans une méprise de la pensée pascalienne.

Le « précautionneux » (si l'on s'autorise à l'appeler ainsi) est l'enfant puîné de la science, dont les défaillances le terrorisent ; il a perdu ces étonnements successifs pour faire, de la technologie, sa figure du tragique. La logique de précaution se nourrit bien sûr d'ambivalences par rapport à la science devenue une conjonction du pire et du meilleur : de « ratures fécondes » [12] dont

la glorifiait Victor Hugo, la science est devenue un « amer savoir qui engendre inquiétude et ennui ! [...], dût-elle [...] donner un sentiment toujours plus exaltant de grandeur, la science toujours davantage aussi ajoute à la misère » [13]. Cette tonalité mélancolique rappelle que la mélancolie fonda la science ; elle dessine la figure du précautionneux [14]. Le constat du retour des grandes catastrophes associées aux « progrès » de cette même science, dont le Principe de Précaution est l'héritier, fonde « la société du risque » [15] ; à moins que ce ne soit « la société de la peur » [16].

L'homme de la précaution est pris dans les rets des incertitudes que le hasard génère. Le hasard, avec ses risques corrélatifs, constituerait-il la seule vraie nature des choses ? La Nature elle-même jouerait-elle au plus formidable des jeux de hasard ? Se pourrait-il que, désormais, on recoure aux probabilités, non moins comme une stratégie de modélisation justifiée par notre connaissance imparfaite que comme une traduction adéquate d'une réalité intrinsèquement probabiliste ?

Pour le physicien d'aujourd'hui, la racine de la causalité est le hasard lui-même. Pour l'homme de la précaution, la vision de la science et du savoir porte les empreintes de la physique d'aujourd'hui et de son rapport au hasard, comme

ce fut le cas pour Pascal et ses contemporains au spectacle de leur siècle : loin d'être stable, la vision de la science et du savoir est devenue celle d'« une image fractale » [17] n'excluant ni l'ignorance, ni le doute. « L'obsession déterministe a dévoilé son contraire », [18] comme le dit Ian Hacking ; un hasard, promu roi des cieux, confirmant par là que les antonymes « déterminisme » et « hasard » sont les écritures spéculaires l'un de l'autre. Le hasard ontologique n'apporte pourtant aucune garantie de liberté, de libre arbitre [19], ou même d'éthique, aux fondements mêmes de la critique des lois déterministes appliquées à l'homme : cette indétermination causale a même, dans un apparent paradoxe, consacré l'avènement des lois statistiques et, dans leur sillage, de l'homme statistique, soumis au *fatum statisticum* [20].

Faut-il rappeler que Pascal, quant à lui, témoigne en permanence d'un dilemme ; au principe même de son concept paradoxal de probabilité, il établit un lien entre les deux versants, les fait jouer l'un contre l'autre, ne fuit pas la contradiction : il la recommande, la déjoue pour tenter de « traiter le vide » en lui échappant. Il conjugue ainsi les extrêmes qui s'abritent à l'infini, l'un dans l'autre, dans une tension radicale gardée ouverte pour saisir toute l'ampleur de l'entre-deux, de quoi épouvanter l'homme de la moyenne, dont la médiocrité résulte de son enfermement dans l'entre-deux.

L'homme de la précaution est cet homme de l'entre-deux, en quête d'un point de vue toujours plus objectif et plus impersonnel depuis que la science lui a ravi ses idéaux ; c'est l'« homme probable » (Jacques Bouveresse), qui ne décidera jamais que dans la direction de ce qui est le plus vraisemblable. C'est pourquoi, aux heures les plus âpres de la controverse autour de l'Homme Moyen, Robert Musil écrivait : « Le vrai a été supplanté par le probable », dans son livre *L'Homme sans Qualité*. Qu'en aurait pensé Pascal, le hors-norme, lui pour qui, rien, pas même le probable qu'il inaugura, n'aurait su entraver sa quête de vérité ?

La probabilité pascalienne

La pensée du probable a peu à peu dévoyé la probabilité inaugurée en 1654 par Pascal, qui la pensait comme « l'union paradoxale de la rationalité et de la contingence » (Jean Mesnard), où continuera de régner l'inquiétude sourde telle qu'au bout du compte, seul le fait de croire permet de comprendre et de savoir.

Par la logique de précaution, elle s'est réduite à transformer l'incertain en positif, en ce sens que, par elle, n'a désormais d'existence, d'actualité, que ce qu'elle évalue et maîtrise : il n'y a pas de reste.

Cependant, Ian Hacking [21] nous explique que, dès son émergence au XVII^e siècle, la probabilité se soutient d'une tension récurrente entre ces deux versants : le versant, objectif et rationnel, de son calcul, et le versant, subjectif et contingent, de l'opinion que forgent les croyances et la confiance. Sur son versant rationnel, elle est aléatoire, statistique, plus phénoménologique, relative aux fréquences stables d'un grand nombre de résultats d'expériences aléatoires qui définissent les lois stochastiques des processus

aléatoires ; c'est la *tendance*, la *propension* qu'ont ces événements à se réaliser. Sur son versant contingent, elle est épistémique et se rapporte à la crédibilité, à la croyance, à la confiance en la vérité d'une proposition, compte tenu d'un jugement.

La probabilité, c'est ainsi l'ultime refuge du savoir confronté à l'infirmité de la raison ; la raison est « humiliée » de n'être pas cette totalité, alors que par elle, l'homme espérait bien plier la réalité à un ordre intelligent. Il y a une ignorance fondamentale et irréductible qui met l'intelligibilité en déroute : à un premier ordre de grandeur, cette ignorance se révèle par « la diversité du divers » [22] des phénomènes dont nous ignorons les causes, mais la probabilité ne la comble pas. Elle est donc une ruse de la raison, par la raison pure : elle apporte une connaissance, certes d'un tout autre point de vue et d'une nature nouvelle, mais une connaissance qui se déduit de la méconnaissance en la déjouant ; la probabilité « force la nature à se révéler sans qu'elle ait pour autant à dévoiler ses secrets » [23].

L'héritage probabiliste et ses écueils pour l'homme de la précaution

C'est sur les traces obombrées de Pascal, comme en creux de ce qu'inaugura cet « effrayant génie » (Chateaubriand), qu'il convient d'interroger le destin conquérant de la probabilité sous le règne de la précaution et d'en mesurer les conséquences pour l'homme contemporain.

Le divorce de l'objectif et du subjectif

La probabilité pascalienne est un signe de contradiction qui allie l'objectif et le subjectif, la rationalité et la contingence, le calcul et l'opinion, l'évaluation et la croyance ; bref, l'esprit de géométrie et l'esprit de finesse, si chers à son inventeur. Aux limites du savoir, cette probabilité demeure en porte-à-faux de l'abîme qu'elle ne comble pas, maintenant les extrêmes de la contradiction, qui s'abritent et se concluent l'un de l'autre dans un rapport tendu qui les unit et les sépare en même temps. Assujetti à la logique de précaution depuis que la science inquiète plus qu'elle ne pacifie, l'homme contemporain est, plus que jamais, séduit par le binarisme et les bipartitions irréductibles d'un monde où les antonymes de la contrariété s'opposent dès lors de façon mutuellement exclusive et radicale. La probabilité est paradigmatique de ce monde structuré par ses deux bords dès la Renaissance : avec Pascal, elle joue de ces deux bords opposés, ouvrant sur la contradiction ; avec l'homme de la précaution, elle est venue se loger dans l'entre-deux, enfermant celui-ci dans la contradiction. La probabilité est alors l'instrument par lequel, par la mesure et l'ordre, le monde universalise la comparaison par laquelle on peut atteindre la certitude [24].

Force est donc de constater que la probabilité, à la fois aléatoire et épistémique, qui s'applique tant à des occurrences aléatoires, mais stables à long terme, qu'à la mesure de nos croyances et de nos attentes, n'a pas su véritable-

ment intégrer ces vérités opposées, en dépit du défi lancé par Pascal. A y regarder de plus près, dès les débuts de cet objet intellectuel, l'on s'aperçoit que seul Pascal intègre résolument les deux versants qui se concluent l'un de l'autre dans leur irrésolution délibérée, échappant à un dualisme embarrassant où rien n'est pire que l'irrésolution. Son célèbre « pari » en témoigne.

L'attitude de la précaution en termes de probabilité est l'attitude classique que nous devons à Pierre-Simon Laplace (1789-1827), dont la réputation en matière de déterminisme n'est plus à faire. En vertu de la « négativité parfaite » que le précautionneux applique du fait de son binarisme, ce hasard ontologique immaîtrisable et effrayant « se concentre dans l'écriture spéculaire de son contraire » [25] – un réflexe déterministe, qui considère, dès lors, la probabilité comme un instrument de prédiction statistique relative aux événements futurs, à des fins d'anticipation, où il n'y a pas de « vraies probabilités » [26]. C'est dire que l'illusion contemporaine d'un savoir absolu (que trahit celle du risque « zéro »), à la limite de l'achèvement de toutes les connaissances, achèverait, du même coup, toutes les probabilités, réduites ainsi à 0 ou à 1. Cette absoluité illusoire du savoir est ce par quoi les deux versants – objectif et subjectif – de la probabilité se désintriquent, ramenant la probabilité, indice d'ignorance sous le régime déterministe de la précaution, à son versant statistique. La probabilité, sous la logique de précaution, s'est mutilée de son versant épistémique de la croyance et de la confiance, qui sont pourtant au fondement même de tout jugement. Ne parle-t-on pas de crise de la confiance ?

A cette rationalité étroite, qui invite aux « pires objectivités », s'oppose alors un fidéisme naïf, qui confine à l'occultisme et invite aux « pires subjectivités » : c'est dire que, dans une indépassable contradiction, à une vision d'un monde commun, partagé et valable pour tous, s'oppose la vision d'un monde extrêmement privé. Dit autrement encore, « en croyant que, sans se limiter strictement à la vérification des faits et au calcul des probabilités, l'esprit cognitif serait trop exposé au charlatanisme et à la superstition, ce système prépare le terrain stérilisant à ceux qui accueilleront avec avidité la superstition et la charlatanerie » [27].

D'un côté, l'inflation méthodologique, le retour en force d'un certain positivisme, avec son dogme de l'unité méthodologique de la science [28] et l'invasion de l'évaluation, surtout quantitative, de la *culture of numbers*, tous ces arpentages de la maîtrise du monde d'aujourd'hui révèlent une rationalité étriquée. La probabilité d'aujourd'hui sert la rationalité instrumentale, qui méconnaît, en tant que telle, celle des valeurs, comme en atteste l'évaluation quantitative endémique et normalisatrice à laquelle l'homme de la précaution est de plus en plus soumis. Et de l'autre côté, le religieux [29] – version allégée de la religion, délestée de sa pesanteur institutionnelle – et « ces folles superstitions devant l'inexpliqué » [30] consistant en une obligation de sens obtenu « à coups d'abracadabras » [31], sont des opérateurs de transformation de tout ce qui arrive en une expérience sensible et subjective aux effets thérapeutiques, qui

a de plus en plus de mal à garantir une quelconque objectivité. Le religieux et les occultismes en tout genre répondent ainsi à ce qui ne va pas, à l'inassimilable, devant lequel la science confesse son impuissance devant la faille du savoir. La science devient ainsi l'alliée du religieux et de ces occultismes, bien plus que le vecteur de leur extinction ; à chaque dysfonctionnement de la Science, ils se proposent de donner du sens à cette faille.

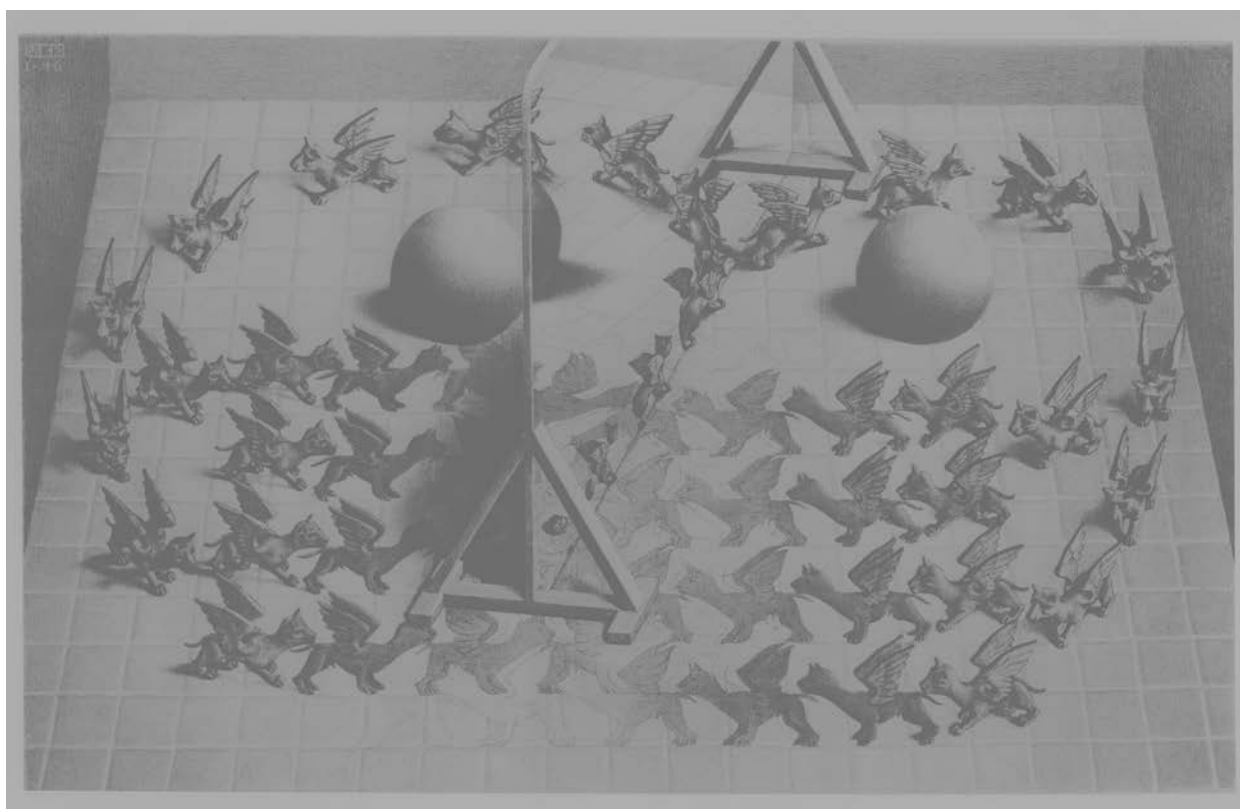
La désintrinsication des deux versants de la probabilité pascalienne atteste du divorce contemporain, plus général, entre l'objectif et le subjectif, là où Pascal proposait leur union paradoxale, qui, en même temps, les sépare et les unit. Ce divorce a mené à « un affrontement stérile entre une rationalité étroite et un fidéisme naïf » (Henri Atlan), dans une caricature sans issue des deux versants de la probabilité de la Renaissance.

Un avenir conçu comme une succession de faits modernes isolés

« Il y a un lien entre la probabilité et notre expérience du temps qui passe » [32]. La probabilité, chez Pascal, est intemporelle : elle ne dépend pas du temps qui passe. C'est ce que nous explique Henri Atlan, en l'opposant à la probabilité temporelle d'aujourd'hui. Si Pascal a su comprendre qu'« un coup de dés jamais n'abolira le hasard » (Stéphane Mallarmé), l'homme de la précaution n'en veut rien savoir.

Si, chez Pascal, la probabilité est intemporelle, c'est que le temps n'est qu'illusion ; dans un temps infini, l'éternité est donnée une fois pour toutes, exactement comme il conçoit la totalité des tirages infinis d'un dé. Pour Pascal, la seule origine des coordonnées spatio-temporelles est le cœur, cet « en-soi » qui abrite Dieu, de toute éternité, sans lequel il est voué à une mise en abîme absurde qui se répète à l'infini. C'est alors, dans cette intemporalité, que s'abrite le *hic et nunc* qui instaure, paradoxalement, espace et temps et, par là-même, la finitude humaine. La probabilité pascalienne inscrit l'incertitude sur l'intemporel, le hasard sur l'infini : elle n'est pas là pour prédire un avenir conçu comme une succession d'événements puisque, pour Pascal, tout est donné une fois pour toutes, comme on joue un va-tout ; pour lui, l'avenir compte au nombre des « divertissements » qui détournent de soi.

La probabilité que l'homme de la précaution utilise à des fins de prédiction est temporelle : elle inscrit l'incertitude sur le temporel pour tenter de la dissoudre, projetant le hasard, pour l'abolir, sur un nombre fini de tirages successifs qui s'égrènent au fil du temps. Le fini abritant l'infini depuis que l'homme a cessé d'être sa propre échelle cosmique, c'est là l'« aveu d'une invincible démesure » [33]. Le calcul des probabilités est, dès lors, un retour du mythe de la prévisibilité absolue dans le contexte d'un nouveau crédit accordé au déterminisme. A grand renfort de prévisions, que lui réclame, dans l'urgence, la logique de précaution, l'homme contemporain est définitivement tourné vers cet avenir conçu comme une succession d'événements, dans une volonté de maîtriser l'incertitude et le risque que représente son futur.



© M.C. Escher® M.C. Escher company

« Dans cette solitude des signes, l'avenir est un projet mélancolique : "Un monde de miroirs brisés qui reflètent l'inutile unité mondiale", comme en témoigne l'actuelle mondialisation, qui produit un monde fragmenté en dépit de sa volonté d'unification ». « Le miroir magique », lithographie de Maurits Cornelis Escher (1898-1972), 1946.

Sous la bannière de l'évidence factuelle liée aux signes probables [34], de « minuscules particules d'informations, [...] des pépites, des choses très terre à terre » [35], brutes, aussi insignifiantes qu'un jet de dé, vont faire événements. Et c'est ce chapelet d'événements qui, à condition d'en avoir un nombre suffisant et en dépit de leur insignifiance première, vont construire cette nouvelle temporalité. La mise en évidence est la contribution apportée par les choses elles-mêmes ; c'est une question d'inférence, où l'on passe d'une chose à l'autre, « une chose [servant à en] mettre [une autre] en évidence [pour qu'elle] pointe dans une autre direction qu'elle-même » [36]. L'avenir est donc bâti de ces faits modernes, mis en évidence, qui ne se distinguent d'autres faits que parce qu'ils n'en sont pas ; cette connaissance que l'on projette sur l'avenir est « un réseau de signes bâtis pas à pas par la connaissance du probable » [37]. Si cette succession d'événements ainsi construite est telle un vecteur visible et fixe dans un repère cartésien, selon un ordre euclidien excessif, elle est, avant tout, semblable à « un trait imperceptible dans l'ample sein de la Nature » (fr. 72/199) (3), un vecteur sans direction ni longueur, dans « cette sphère infinie dont le centre est partout et la circonférence nulle part » (fr. 72/199).

Face à l'épreuve d'un temps sans véritable ouverture sur l'avenir (à cause d'un présent sans importance depuis que la raison le pense à partir du futur (4)), la probabilité temporelle ouvre ainsi sur une conception de l'avenir déterminée par un temps futur très abstrait, fragmenté, réduit unique-

ment à des événements particuliers qui se succèdent, des événements « isolés, tout-à-fait nus, dépouillés, atomiques » [38], des « trois fois rien » qui s'isolent. Cette conception markovienne (5) de l'avenir fait de ce mouvement discret, ininterrompu et potentiellement infini de signes qui font événements, produit un effet de fragmentation du monde, qui se voudrait unifié, alors qu'il se compartimente de façon toujours plus étanche sous le coup de ces faits isolés. Dans cette solitude des signes, l'avenir est un projet mélancolique : « Un monde de miroirs brisés qui reflètent l'inutile unité mondiale » [39], comme en témoigne l'actuelle mondialisation, qui produit un monde fragmenté en dépit de sa volonté d'unification. N'est-ce pas l'heure du repli nationaliste, et même communautaire où, l'une après l'autre, les communautés se décousent ? Et cette conception d'un avenir comme une succession de faits insignifiants isolés ne contient-elle pas la menace que chaque événement particulier, s'isolant un peu plus, ne prenne à lui seul toute la signification du moment, jetant le reste dans l'ombre où ce qui nous éclaire nous aveugle ?

La Probabilité ou le malheur du concept

Parce que le probable lui a ravi le vrai, le précautionneux a *délibérément* placé la vérité dans les articulations de l'analyse conceptuelle [40]. Pour notre plus grand malheur, le langage n'est pas d'abord apaisant, il est même ravaillant : il creuse un clivage entre ce qui existe dans la réa-

lité et la pensée conceptuelle, qui veut pourtant la représenter au plus près. Le concept prive ainsi de cette intimité avec soi et, partant, avec la réalité d'exister, rendant le tout énigmatique ; les explications insensées de nos angoisses et de nos fantasmes (cousus de mots qu'un regard aveugle sur la réalité a fait vaciller dans notre inconscient sans en oblitérer l'intuition) forgent une représentation erronée de soi. Par cet exil du fait brut de l'existence, « [le concept] entraîne la conscience de soi quand celle-ci veut penser sa relation au temps, au lieu, au hasard » [41].

Le langage, en introduisant cette fracture, introduit du même coup une dimension d'infinitude : il est cette série infinie de signifiants qui courent, métonymiquement et sans fin. C'est la nature qui a offert à l'homme cet *addendum*, qui témoigne en permanence de l'oubli de sa finitude et dont il a fait son premier organe de jouissance et sa brillance. L'intellect du précautionneur contient ainsi la promesse qu'il est davantage que « l'ordinaire nature [et qu'] au moins à l'état de germe, l'illimité du divin est dans [sa] personne » [42]. La pensée conceptuelle illimitée fait miroiter une levée des contradictions qui se sont refermées sur l'homme de la précaution. Car il est bien du côté de l'intellect où foisonnent les concepts hérités de la science, fût-elle en défaillance : ils lui donnent l'illusion de la maîtrise des actes que confère le concept. Aux premières loges de sa domestication du hasard, l'homme de la précaution a installé ces concepts de probabilité, d'espérance mathématique et d'utilité dans les articulations de ses calculs statistiques et économiques, scellés par le hasard.

Le concept est cher au précautionneur, dont la substance éthique est très intellectuelle. La probabilité est le paradigme des concepts : la perte de l'intimité avec la finitude qui est pourtant la seule réalité qui préside à nos choix étroits. Le calcul des probabilités « en tant que tel, *ne nous dit rien* des expériences actuelles [...] » [43], rien de ce qui se passe réellement dans la réalité : il y a une chance sur deux qu'une pièce équilibrée tombe sur pile ou sur face, mais cela ne nous dit pas si la pièce est *effectivement* tombée du côté pile ou du côté face. Par le calcul des probabilités s'opère *de facto* une mise à distance, plus, une abstraction de ce qui existe dans la réalité, introduisant une dimension d'infinitude ; le calcul des probabilités est un calcul de vraisemblance (6) – or, la vraisemblance est ce qui est semblable au vrai, mais n'est pas le vrai. Plus encore, aujourd'hui, la probabilité elle-même est devenue le concept par lequel est dénié ce clivage entre la pensée conceptuelle du probable et le réel : l'application de son calcul est prise pour ce qui désigne ce qui existe dans la réalité. La maîtrise des risques qu'elle autorise en témoigne aujourd'hui, où seuls existeraient les risques maîtrisés par la probabilité et où ceux qu'on ne maîtrise pas n'existeraient tout simplement pas. Cela revient à se leurrer en imaginant que tout serait prévisible et maîtrisable. C'est exactement ce que la crise financière de l'automne 2008 a révélé [44]. « Le mythe de ce qui existe » [45], l'idolâtrie du plus fréquent, du déjà là, du réel pour lui-même, des faits avec leur invincible force d'inertie, c'est le revers de la pensée positiviste. Elle fait de la morale collective du risque et de l'incertitude, sous le paradigme de la pré-

caution, une « morale de l'évidence » [46]. Les faits et leur vérification par l'évidence factuelle, tentative de preuve par les choses elles-mêmes – celles que l'on voit, que l'on sent, que l'on touche – sont au fondement même de la maîtrise des risques contemporains, où la vérité trouve désormais sa manifestation et son signe dans la perception évidente, immédiate et exclusive des sens.

Du probable à l'angoisse, une certitude jouissive

« Un cosmos éclaté, c'est aussi l'homme atomisé » [47] et la promesse de son désarroi. Martin Heidegger pensait que la probabilité avait été inventée par l'homme pour faire taire son angoisse métaphysique. En vertu du binarisme par lequel l'homme de la précaution s'est enfermé dans une unité contradictoire aux affrontements inféconds et pérennes, la probabilité a alors été frappée de la même indigence qu'elle se proposait pourtant de fuir : l'angoisse elle-même. C'est que le binarisme des termes opposés de la contradiction est séduisant, dans la mesure où il satisfait le rêve d'une totalité harmonieuse jusque dans ses incompatibilités. Cela reviendrait à penser que le sens logique de la contradiction entre le subjectif et l'objectif, par exemple, se résoudrait d'un seul et même geste : par degrés continus, « tout ce qui n'est pas à ranger d'un côté serait à ranger de l'autre » [48]. Tout ce qui n'est pas subjectif serait objectif (et vice-versa) ; confinée au binarisme, la probabilité contemporaine s'est réduite au versant objectif de l'évaluation des risques et a ainsi été mutilée de son versant subjectif et épistémique, celui de la confiance, témoignant de l'illusion d'un savoir pléthorique qui serait voué à l'achèvement. Or, comme le montrait déjà Pascal, cette harmonie n'existe pas : dans toute contradiction entre deux ordres, il y a forcément une rupture, un point de discontinuité. C'est là révéler qu'il y a, au cœur même du langage, la présence très problématique de ce qu'il a lui-même exclu de la réalité ordonnée et de sa représentation, attestant d'une irréductible ignorance ; on l'a vu, il y a cette fracture, au cœur du langage, qui creuse un clivage entre le réel et la pensée conceptuelle. Cela veut dire que, dans la pensée du paradoxe de Pascal, il existe un opérateur logique, qui n'est ni le « \wedge » qui unit, ni le « \vee » exclusif qui sépare, mais un opérateur qui unit et sépare en même temps.

C'est précisément là que vient se loger l'angoisse, comme « épreuve [...] de la contradiction intérieure » [49], lorsque les bipartitions irréductibles du monde garantissent l'occlusion de ce point de discontinuité, obérant du même coup toute possibilité de sortir de l'unité contradictoire.

Dans l'angoisse, nous dit Jacques Lacan [50], quelque chose se tient d'une affreuse certitude ; cette peur de la peur, dans une mise en abîme absurde qui se déploie au sommet du déplaisir, ne trompe pas. Elle est même le hors-doute, le doute sans fin n'étant là qu'en tant que leurre pour la combattre. C'est dire que l'angoisse est la cause du doute, et non l'inverse. Si l'angoisse est certitude, la parole est, quant à elle, toujours douteuse ; elle n'est jamais sûre.

Dans une victoire à la Pyrrhus, la probabilité, privée de son versant subjectif, est devenue un indice de connaissabi-

lité à la solde d'une certitude objective de par la calculabilité qui lui confère une certitude mathématique marquée du « sceau de l'incontestabilité » [51], comme peut l'être une proposition mathématique. Inaugurée par Pascal pour « travailler pour l'incertain » (*fr.* 324/136), la probabilité s'est spécialisée, dans une version positiviste, dans la maîtrise des risques, où il s'agit de formuler des lois quand on ne connaît pas les causes ; ainsi, elle est ce voile qui dissimule l'incertitude, un fétiche que l'homme de la précaution vénère en gage de toutes les certitudes auxquelles il ne renonce pas. La question de la certitude ne se pose que parce qu'il y a un Autre avec lequel s'accorder (certitude objective) [52] ou à convaincre (certitude subjective) [53]. L'angoisse est une réponse à la question de l'Autre ; elle est la seule traduction subjective de ce régime de certitude auquel nous ne renonçons pas.

Les décisions risquées à prendre dépendent de ce que l'on croit et de ce que l'on veut (des croyances et du désir). Or, les croyances de l'homme de la précaution se sont épuisées dans l'occultisme, confiant, en contrepoint, au calcul des probabilités le rôle souverain de tout prédire et de tout maîtriser par des certitudes objectives ; son désir s'est abâtardi depuis qu'il est chiffré en « utilités », en réponse à ses craintes, à ses peurs et à sa quête désespérée d'espoir. La probabilité, comme l'angoisse, concerne l'action par laquelle une décision devient effective : l'action « s'épanouit dans la certitude, [...] engendre la certitude » [54]. En ce sens, la probabilité est « actuelle ». Si c'est « à l'angoisse que l'action emprunte sa certitude » [55], alors « agir, c'est arracher à l'angoisse sa certitude. Agir, c'est opérer un transfert d'angoisse » [56]. Les doutes sans fin présupposent donc toujours la certitude : celle de l'angoisse.

L'homme de la précaution renâcle devant ce transfert d'angoisse ; inhibé devant la prise de risque, il promeut l'exercice actif du doute et même de la peur, en raison de son caractère heuristique (Hans Jonas). Mais « un doute sans fin n'est pas même un doute » [57] ; c'est plutôt « redouter », quand les doutes pérennes ne sont là que pour se défendre de son angoisse et brouiller ainsi l'acte même de juger au moyen des explications insensées que l'angoisse elle-même génère. Son doute mélancolique de l'entre-deux impose au précautionneux une suspicion sur tout ce qui serait du côté du « bon » pour lui ; cette transformation systématique du « bon » en suspect révèle une certitude bien plus qu'un doute : celle de l'angoisse.

L'angoisse est double, comme la probabilité : leur isomorphisme structurel révèle le fait que, si la probabilité s'est réduite à son versant objectif sous la logique de précaution, l'angoisse s'est réduite, quant à elle, à une « catatonie du sujet », lorsque le vide structurant et créatif est comblé par la jouissance supplémentaire que confère ce concept des concepts qu'on appelle la probabilité ; elle est ce par quoi l'homme de la précaution dénie ces impossibles à dire, à nommer, à penser, à voir et à saisir, qui pourtant demeurent et résistent en tant qu'instances cardinales. L'angoisse de l'homme de la précaution n'est donc pas celle qui témoigne de l'imminence de son désir, lorsque le vide se révèle en être la place.

C'est précisément pour faire l'économie de cette angoisse, signal de son désir, qu'il a construit cette fiction de précaution : l'horreur qu'il puisse y avoir, quelque part, du vide signifie l'horreur pour le désir dont le point fonctionnel est précisément la place du vide. La place vide réservée par Pascal jusque dans le concept de probabilité s'est réduite à une « horreur imaginaire » (Blaise Pascal), où est venue se loger l'angoisse dénudée, « atroce et despotique » (Charles Baudelaire) de l'homme de la précaution broyé par la défiance.

Ne pouvant s'affranchir du risque « zéro », l'homme de la précaution a forclos le risque par la probabilité prédictive aux certitudes mathématiques, en suppléance des certitudes subjectives que lui confèreraient la croyance et la confiance chevillées au vide. A forclure le risque, il fait « retour dans le réel », comme une irruption, dans le champ de la réalité, des incertitudes radicales de la précarité psychique et sociale, livrant le sujet au monde comme à un destin extérieur.

La formidable promotion contemporaine de ce fourre-tout psychiatrique qu'est la fameuse « dépression » trahit l'actuelle précarité psychique en extension de l'homme précautionneux en proie au tragique qui le fonde (mais qu'il méconnaît) et soumis à l'affreuse certitude de son angoisse ; il s'était pourtant promis de ne plus pâtir du réel... L'Organisation Mondiale de la Santé nous promet de promouvoir sous peu la dépression au rang de première maladie mondiale... pour garantir une « Santé Mortelle », en coupant toute retraite à la possibilité de fuir dans la maladie. L'angoisse ainsi dénudée n'est plus tant annonciatrice d'un désir où l'Autre serait forcément en jeu, que désarrimée de l'Autre ; elle dévoile la radicale solitude et la misère du précautionneux, sans Autre à force de le rêver porteur de toutes les garanties, là où même la science a échoué.

Conclusion

Un risque peut être maîtrisé en l'identifiant puis en l'évaluant au moyen de la probabilité ; l'incertain peut être identifié mais ne peut être évalué (ou, peut-être, pas encore) puisqu'il est « ce que nous redoutons sans pouvoir l'évaluer » [58] : ce que nous redoutons, ce qui nous fait peur a toujours un objet identifiable. On peut ainsi, tout au plus, maîtriser le prévisible par la probabilité et se préparer à l'imprévu. L'incertitude, quant à elle, concerne ce qui échappe à notre représentation et dès lors ne peut être identifiée : aucune évaluation ni aucune quantification ne sont alors possibles, n'en déplaise à notre vision mathématique du monde et des certitudes qu'elle confère, certes au prix d'une nature réduite au silence. Elle est en lien avec l'angoisse. L'incertitude relève ainsi du subjectif dont il serait faux de dire qu'elle est la conséquence d'une essentielle imperfection objective de nos connaissances, selon un principe scientifique de connaissabilité, où le vide pourrait enfin être comblé. Le modèle de la certitude aux décisions souveraines prises en vertu d'un savoir établi et certifié connaît aujourd'hui les affres de sa propre mort : dans cet insupportable défaut de connaissances fleurissent alors toutes les raisons

de douter jusqu'à l'indécidable pour ceux dont la peur et l'inquiétude croissent au fur et à mesure que s'impose le constat que la méconnaissance suit comme une ombre nos découvertes et nos savoirs (7). L'homme contemporain de la précaution, rompu au principe et à sa logique éponymes, fait les frais d'une telle conception de l'incertitude, qu'il dévoile dans son exercice actif du doute, dans sa corrélatrice inhibition face aux risques et dans son angoisse. Ses certitudes se logent dans sa tache aveugle ; en particulier, la probabilité est devenue l'icône de sa plongée en-deçà du désir. Cette incertitude n'est pas de l'ordre d'un savoir ou d'une connaissance ; c'est précisément en cela que réside l'erreur que fait l'homme de la précaution qui confond cette incertitude avec un manque à savoir qu'il faudrait combler. C'est la raison pour laquelle l'homme de la précaution, qui n'a jamais été autant « assuré » matériellement qu'aujourd'hui, connaît une telle précarité psychique.

Si la fiction de la maladie dépressive s'invêtère aussi tenacement aujourd'hui, c'est que, dans une alliance indéfectible, elle est ainsi nouée à la science, qui est au cœur même de l'ambivalence du précautionneux, elle qui est « née du sentiment singulier, propre à la pensée occidentale, de ce vide intérieur, [...] de ce mal-être soudain comblé, « enthousiasmé » [59] : de cet enthousiasme diabolique, le néant cognitif est devenu intolérable, afin de garantir l'illusion d'un savoir sphérique, sans reste ni faille, suturant l'abîme. Les illusions contemporaines de maîtrise et de contrôle ne sont, dès lors, que d'autres noms de sa certitude jouissive.

La fiction de précaution confirme ce que Pascal aura su dénoncer à l'aube de notre Modernité ; à savoir à quel point, au prétexte de cette prétendue « poursuite du bonheur » dont participe l'attitude de précaution, on aura ainsi défini toutes les conditions nécessaires pour le rater... L'homme de la précaution est ce « sujet de contradictions » (fr. 434/131) dont parlait déjà Pascal à propos de l'homme en « dérive » désormais privé du cosmos. C'est dire que son angoisse nue, qui n'est pas celle de l'imminence de son désir, n'est pas non plus cette aptitude au bonheur : « une ouverture sans réserve [...] à l'expérience, où celui qui succombe se retrouve », [60] dans le jeu pascalien du « qui perd gagne ». Privé de l'audace des extrêmes qui auraient préservé toute son amplitude et son infinie plasticité, l'homme de la précaution, aveugle à la question du pourquoi, s'est enchaîné à l'entre-deux par la probabilité réduite à la certitude objective d'une norme statistique qui occulte cette étincelle de hasard, lequel est au principe même de la cause de son désir [61]. Si Pascal est l'homme de la modernité, qui, par son irrésolution inquiète, a su bricoler avec les deux bords du monde moderne, alors, il est vrai de dire que « nous n'avons jamais été modernes » [62]. L'homme de la précaution n'est alors pas même postmoderne : sa probabilité en témoigne.

Notes

* Professeure de probabilités et statistique aux Facultés Universitaires Saint-Louis (Bruxelles) et à l'Université Catholique de Louvain (Belgique).

(1) Cette interrogation sur la précaution est une réponse aux leçons sur le Principe de Précaution que François Ewald a dispensées aux Facultés Universitaires Saint-Louis (Bruxelles), en mars 2005.

(2) Citons les vingt-cinq suicides déplorés chez France-Télécom depuis sa restructuration ; ils témoignent de la fragilité des structures sociales et psychiques contemporaines.

(3) Cette double numérotation fait référence aux *Pensées* de Pascal. Le premier nombre fait référence au fragment (fr.) établi par Léon Brunschvicg ; l'autre, en italique, à celui établi par Louis Lafuma.

(4) Ainsi en est-il, par exemple, du changement climatique et des pollutions graduelles.

(5) Les chaînes de Markov sont des processus stochastiques en temps discret. Leur propriété principale est de considérer que la prédiction du futur, compte tenu de l'état présent, n'est pas rendue plus précise par des éléments d'information supplémentaires relatifs à l'histoire passée.

(6) En allemand, le calcul des probabilités se dit *Wahrscheinlichkeitsrechnung* (littéralement : calcul de vraisemblance).

(7) La découverte des OGM, des nanotechnologies, des téléphones mobiles (etc.) pose d'emblée, en contrepoint, la question de leur nuisance ou de leur innocuité, sur laquelle la science hésite et tarde, manifestement, à se prononcer : c'est là le fondement du principe de précaution.

Bibliographie

[1] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, Seuil, Coll. Liber, Paris, 2002.

[2] (Blaise) PASCAL, *Pensées*, texte établi par (L.) BRUNSCHVICG (1897), Edition Hachette, 1993, fragment *Infini-Rien* 233 (418, chez Lafuma) appelé le *Pari de Pascal*, p. 113-116. Le *pari de Pascal* est une première tentative de maîtrise de « la fortune incertaine par l'équité du calcul » des probabilités sur la question de Dieu.

[3] (François) EWALD, *Histoire de l'Etat Providence : les origines de la solidarité*, Editions Grasset et Fasquelle, p.105, 1996.

[4] (L.) KRÜGER, (L.J.) DASTON et (M.) HEIDELBERG, *The probabilistic revolution : ideas in history*, Volume 1, The MIT Press, Cambridge, 1987, (L.) KRÜGER, (G.) GIGERENZER et (M.S.) MORGAN, *The probabilistic revolution : ideas in the sciences*, Volume 2, The MIT Press, Cambridge, 1987.

[5] (Didier) ANZIEU, *Le Corps de l'œuvre ; essais psychanalytiques sur le travail créateur*, Chap. IV, « De l'horreur du vide à sa pensée : Pascal », Paris, NRF Gallimard, Coll. Connaissance de l'Inconscient, p. 323-332, 1981.

[6] (Pierre) MAGNARD, *Pascal ou l'art de la digression*, Paris, Ellipses, Coll. Philosophes, 1997 et *Pascal, la clé du chiffre*, Ed. Universitaires, p. 19, 1991.

[7] En référence à (Alexandre) KOYRE, *Du Monde clos à l'Univers infini*, Gallimard, 1988.

[8] (Ludwig) WITTGENSTEIN, *Remarques mêlées*, traduit de l'allemand par (Gérard) GRANEL, Garnier-Flammarion, 2002, 64/132. Cité par (Jacques) BOUVERESSE dans *Peut-on ne pas croire ? Sur la vérité, la croyance et la foi*, Editions Agone, Coll. Banc d'essais, 2007, p. 255. « Les choses me semblent être (écrit Wittgenstein) comme si une croyance religieuse ne pouvait être que quelque chose comme une façon passionnée de se décider pour un système de référence ».

[9] (François) EWALD, (Christian) GOLLIER et (Nicolas) de SADELEER, *Le Principe de Précaution*, Paris, Puf, Coll. Que sais-je ?, 2^e édition, p.32 et 41, 2008.

[10] Cette mise en perspective où il est question d'une étude critique de Pascal doit beaucoup à celles de (Catherine) CHEVALLEY, *Pascal, Contingence et Probabilités*, Paris, PUF, 1995, de (G.) GUSDORF,

« Pascal » dans Maurice Merleau-Ponty (dir.), *Les philosophes de l'antiquité au XX^e siècle : Histoire et Portraits*, Livre de Poche, la Pochothèque, 2^e édition, 2006, de (Pierre) MAGNARD, *Pascal ou l'art de la digression*, Paris, Ellipses, Coll. Philo-philosophes, 1997 et *Pascal, la clé du chiffre*, Ed. Universitaires, 1991, de (Michel) SCHNEIDER, « La mélancolie d'écrire », dans *Pascal, miroir de notre vie*, dans *Le Magazine Littéraire* n°469, novembre 2007 et de (Laurent) THIROUIN, *Le Hasard et les règles : le modèle du jeu dans la pensée de Pascal*, Paris, Librairie philosophique (J.) VRIN, 1991. Les liens que j'en fais avec l'attitude de précaution m'appartiennent.

[11] (Michel) FOUCAULT, *Les Mots et les Choses : une archéologie des sciences humaines*, Paris, tel Gallimard, n°166, p. 72, 1966.

[12] (Victor) HUGO, *L'Art et la Science*, Anais/Actes Sud, 1985, cité par (Jean-Marc) LEVY-LEBLOND, *La pierre de touche, la science à l'épreuve...*, Editions Gallimard, Coll. Folio/Essais, inédit, p. 95, 1996.

[13] (Pierre) MAGNARD, *Pascal ou l'art de la digression*, *Op. Cit.*, p. 13.

[14] (Dominique) DEPRINS, *Le pari de Pascal, une allégorie du principe de précaution ?*, dans (Yves) CARTUYVELS (dir), *Les ambivalences du risque*, Publications Facultés Universitaires Saint-Louis, Coll. Travaux et recherches n°54, p. 483-490, 2008.

[15] (Ulrich) BECK, *La Société du Risque : sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Champs-Flammarion, (Traduction française par (Laure) BERNARDI), 2001.

[16] (Jacques-Alain) MILLER, *L'ère de l'homme sans qualités*, Nouvelle revue de psychanalyse, n° 57, Paris, Navarin Editeur, p.78, 2004.

[17] (Jean-Marc) LEVY-LEBLOND, *La pierre de touche, la science à l'épreuve...*, Editions Gallimard, Coll. Folio/Essais, inédit, p. 19, 1996.

[18] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, p. 25.

[19] (Jacques) BOUVERESSE, *Robert Musil, l'homme probable, le hasard, la moyenne et l'escargot de l'histoire*, Editions de l'éclat, Coll. Tiré à part, Paris-Tel Aviv, p. 47, 1993.

[20] *Ibid.*, p. 50.

[21] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, « Dualité », Chap. 2, p. 39-45.

[22] (François) EWALD, *Histoire de l'Etat Providence*, Paris, Livre de Poche, Grasset, p. 110, 1996.

[23] *Ibid.*, p. 114.

[24] (Michel) FOUCAULT, *Les Mots et les Choses : une archéologie des sciences humaines*, Paris, tel Gallimard, n°166, p. 68, 1966. « Par la comparaison, on peut atteindre la certitude ».

[25] (Theodor Wolfgang) ADORNO, *Minima Moralia*, Petite Bibliothèque Payot, Paris, p. 333, 2001.

[26] (Jan Von) PLATO, *Creating Modern probability : its Mathematics, Physics and Philosophy in Historical Perspective*, Cambridge Studies in Probability, Induction and Decision Theory, Cambridge University Press, p.164-165, 1994.

[27] (Max) HORKEIMER et (Theodor W.) ADORNO, *La dialectique de la raison : fragments philosophiques*, traduit de l'allemand par (Eliane) KAUFHOLZ, Editions Gallimard, Coll. tel, p. 15, 1974.

[28] (Ian) HACKING, *Concevoir et expérimenter : thèmes introductifs à la philosophie de sciences expérimentales*, Paris, (Christian) BOURGEOIS Editeur, p. 85, 1989.

[29] L'argumentation du passage de la religion au religieux se réfère aux articles de (Jacques-Alain) MILLER, *Religion, Psychanalyse, L'Orientation lacanienne*, n°55, Paris, Champ freudien, 2003 et *Religion, Psychanalyse (suite)*, *Quarto* n°86, Bruxelles, Diffusion Agalma-Seuil, Mai 2006. Les remarques et liens que j'en tire, relativement à mon propos, m'appartiennent.

[30] (Theodor W.) ADORNO, *Minima Moralia*, Petite Bibliothèque Payot, Paris, p. 221, 2001.

[31] *Ibid.*, p. 323.

[32] (Henri) ATLAN, *Lexique de l'incertain*, dans Spyros Théodorou (dir), Editions Parenthèses, Coll. Savoirs à l'œuvre, Lille, p. 83, 2008.

[33] (Pierre) MAGNARD, *Pascal ou l'art de la digression*, *Op. Cit.*, p. 47.

[34] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, « L'évidence factuelle », Chap. 5, p. 67-71. L'évidence factuelle est la preuve par les faits. La mutation des signes probables en évidence factuelle est largement responsable de notre concept de probabilité.

[35] (Mary) POOVEY, *A History of the Modern Fact*, Chicago, University of Chicago Press, cité par (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, p. 19, 1998.

[36] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, « L'évidence factuelle », Chap. 5, p. 71.

[37] (Michel) FOUCAULT, *Les Mots et les Choses*, *Op. Cit.*, p. 74.

[38] (Ian) HACKING, *L'émergence de la Probabilité*, *Op. Cit.*, « L'évidence factuelle », Chap. 4, p. 21.

[39] *Le Monde Diplomatique*, « La quatrième guerre mondiale a commencé, Pièce n° 6, La mégapolitique des nains », Août 1997. Voyez : <http://www.monde-diplomatique.fr/1997/08/MARCOS/8976>

[40] Cette partie relative au rôle du concept doit beaucoup à l'article de (Yves) BONNEFOY, « La mélancolie, la folie, le génie – la poésie », dans Jean Clair (dir.), *Mélancolie : génie et folie en Occident*, Paris, Gallimard, p. 14-22, 2005. Toutefois, les liens que je fais avec l'homme de la précaution m'appartiennent.

[41] (Yves) BONNEFOY, *Op. Cit.*, p. 21.

[42] *Ibid.*, p. 20.

[43] (Gilles-Gaston) GRANGER, *Le probable, le possible et le virtuel : essai sur le rôle du non-actuel dans la pensée objective*, Editions Odile Jacob, Coll. Philosophie, p. 162, 1995.

[44] (Jean-Claude) SEYS, Fondateur et vice-président du groupe Covéa et président de l'Institut Diderot, *Présentation officielle de l'Institut Diderot*, 19 octobre 2009, Salon Latécoère, Inédit : « [...] les financiers, étant incapables d'apprécier les conséquences d'événements rares et graves, ont choisi de les ignorer, surestimant la probabilité des événements les plus fréquents et se créant ainsi l'illusion d'un univers confortablement prévisible ».

[45] (Max) HORKEIMER et (Theodor W.) ADORNO, *La dialectique de la raison : fragments philosophiques*, traduit de l'allemand par (Eliane) KAUFHOLZ, Editions Gallimard, Coll. tel, p. 10, 1974.

[46] (Thomas) BERNS, *Gouverner sans gouverner : une archéologie politique de la statistique*, Paris, PUF, Coll. Travaux pratiques, p. 14, 2009.

[47] (Pierre) MAGNARD, *Pascal ou l'art de la digression*, *Op. Cit.*, p. 47.

[48] (Guy) LE GAUFÉY, *Le Pastout de Lacan : consistance logique, conséquences cliniques*, Paris, Ed. Epel, Coll. Lacan, p. 40-41, 2006. La critique des « bipartitions irréductibles du monde » par « un trébuchement du principe de contradiction qui prend en enfilade le principe du tiers exclu » doit beaucoup à (Guy) LE GAUFÉY. Les liens avec Pascal et l'homme de la précaution m'appartiennent.

[49] (Michel) FOUCAULT, *Maladie mentale et psychologie*, *Op. Cit.*, p. 49.

[50] (Jacques) LACAN, *Le Séminaire L'angoisse*, Livre X, leçon du 19 décembre 1962, Ed. Seuil, Coll. Champ Freudien, p. 92. Les liens entre l'angoisse, le doute et la certitude évoqués dans ce paragraphe appartiennent à ce séminaire de Jacques Lacan.

[51] (Ludwig) WITTGENSTEIN, *De la certitude*, traduit de l'allemand et présenté par (Danèle) MOYAL-SHARROCK, Bibliothèque de philosophie, Editions Gallimard, NRF, p. 181, note 655, 2006.

[52] (Ludwig) WITTGENSTEIN, *De la certitude*, *Op. Cit.*, p. 67, note 203. Une certitude objective « au mieux, [...] montre ce que s'accorder veut dire ».

[53] *Ibid*, p. 64-65, note 194. La « certitude subjective [concerne] une conviction totale, l'absence totale d'un doute, et nous cherchons par là à convaincre autrui ».

[54] (Jacques) LACAN, Le Séminaire *L'angoisse*, *Op. Cit.*, p. 92.

[55] (Jacques-Alain) MILLER, « Introduction à la lecture du Séminaire *L'angoisse* de Jacques Lacan », dans « Maladie d'époque », Paris, *La Cause freudienne* n°58, octobre 2004. Voyez <http://www.causefreudienne.net/publications/la-cause-freudienne/maladies-d-epoque>.

[56] (Jacques) LACAN, Le Séminaire *L'angoisse*, *Op. Cit.*, p. 93.

[57] (Ludwig) WITTGENSTEIN, *De la certitude*, *Op. Cit.*, p. 174, note 625.

[58] (François) EWALD, *Le retour du Malin Génie*, dans Olivier Godard (dir.), *Le Principe de Précaution sous la conduite des affaires humaines*, Paris, INRA, p. 113, 1997.

[59] (Jean) CLAIR, *La Mélancolie faustienne*, *Op. Cit.*, p. 461.

[60] (Theodor W.) ADORNO, *Minima Moralia*, *Op. Cit.*, p. 268.

[61] Sur ce thème, voir (Dominique) DEPRINS, *D'une cause qui ferait acte d'incertitude*, dans (Dominique) DEPRINS (dir.), *Parier sur l'incertitude*, Editions Bruylant, Coll. *Intellection*, à paraître en 2010.

[62] (Bruno) LATOUR, *Nous n'avons jamais été modernes*, Ed. La Découverte, Coll. Poche, 2005.

Le concept de risque et son évolution

Le concept de risque est au cœur des questions, des démarches et des techniques relatives à la sécurité. Le sens donné à ce terme a évolué au fil du temps, nécessitant à chaque fois de remettre en cause les questions, démarches ou techniques précédemment considérées. La compréhension de cette évolution est fondamentale, en particulier pour apprécier la posture que nous (1) prenons pour aborder la sécurité. Actuellement de nombreuses divergences d'opinions sur ces questions, démarches ou techniques, résultent des différences d'interprétation qu'ont les différents interlocuteurs du terme « risque ». Parfois même, divers points de vue sont combinés, rendant confuses nos analyses et erronées ou discordantes nos conclusions. Le propos de cet article n'est pas de porter un jugement de valeur sur ces points de vue (chacun défendant ses propres intérêts), mais plutôt de les mettre en évidence afin d'avoir de chacun d'eux une perception claire et explicite, et d'être à même d'apprécier leur incidence sur la façon d'aborder les questions de sécurité.

par Gilles MOTET*

Evolution du concept de risque

Des causes statiques aux effets néfastes certains

La première définition de la sécurité à considérer, est celle d'une « situation dans laquelle le danger est absent ». Le danger est défini comme « une source potentielle de dommage » pouvant affecter une « cible ». Cette définition a été ensuite employée pour qualifier la notion de « phénomène dangereux » (2) permettant de la distinguer de celle de « propriété dangereuse », notion caractéristique d'un « acteur » support du danger. Par exemple, une masse de neige (acteur) accrochée aux flancs d'une montagne (propriété dangereuse de la masse de neige) lui confère de l'énergie potentielle (phénomène dangereux). Le risque est alors défini comme « la présence d'une cible dans le champ d'un danger ». Il s'agit donc d'une vision statique (l'exposition à un danger). La relation entre la confrontation au danger et la survenue d'un dommage ne semble pas maîtrisable et elle a longtemps été considérée comme relevant de la seule volonté des Dieux (3). La sécurité est alors assurée par la « réduction du risque à la source », qui peut, par exemple, se concrétiser par une purge de la masse neigeuse considérée ou par une interdiction à toute personne de l'accès à la montagne. Dans cette approche, le « danger » et la « situation dangereuse » sont au cœur de la question du risque. Aujourd'hui, ce point de vue conserve une certaine pertinence dans certains secteurs, comme celui de la sécurité alimentaire.

Des causes dynamiques aux effets probables

La deuxième définition du risque introduit une dimension dynamique. En premier lieu, la propriété dangereuse de l'acteur n'est pas toujours perçue comme redoutable. Un « événement dangereux » doit être l'élément déclencheur de cette propriété dangereuse. Par exemple, une avalanche (l'événement dangereux) déclenche l'effet d'une masse de neige accrochée à un sommet (la propriété dangereuse). Cette vision dynamique est prolongée par le concept d'« événement dommageable », qui caractérise l'occurrence d'une conséquence sur la cible. Cependant, cet enchaînement d'événements, tout comme l'importance des conséquences, ne sont pas prédéterminés. Le risque est ainsi défini comme « la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (Guide 51 de l'ISO, 1999).

On notera que cette deuxième définition du risque déplace le point d'observation sur la « cible », en considérant que la sécurité est remise en cause par l'occurrence d'« événements dommageables ». Par exemple, le risque concerne la potentialité que des personnes soient ensevelies sous la neige (l'événement dommageable) et puissent ainsi subir des « dommages » liés à la survenue d'une avalanche (l'événement dangereux) (4).

L'estimation du risque devenant probabiliste, on ne s'intéresse plus, dès lors, à l'accident qui pourrait affecter une cible donnée (une personne, par exemple), mais à celui qui pourrait frapper toute une population. Le risque et la sécurité deviennent des questions collectives. Les multiples moyens de maîtriser les risques ont pour but de réduire le

risque à un « niveau collectivement acceptable ». Cette idée est clairement exprimée dans la définition donnée à la notion de sécurité associée : à savoir l'« absence de risque inacceptable » (Guide 51 de l'ISO, 1999). Elle fait souvent débat, en particulier en raison d'un l'amalgame fréquent entre les deux définitions du risque mentionnées précédemment. En effet, si l'accident affectant un individu donné est inacceptable, un degré de vraisemblance, aussi réduit que possible, qu'un tel événement puisse se produire pour une population donnée est accepté dans de nombreux secteurs ou activités. Si nous savons tous que l'avion est le moyen de transport le plus sûr, nous savons également que des crashes aériens se sont déjà produits et que d'autres suivront malheureusement. Nous acceptons explicitement cette potentialité lorsque nous optons en faveur de ce moyen de transport, en particulier lorsque nous le préférons à d'autres, comme l'automobile. Par ailleurs, nous ne cherchons pas automatiquement à réduire le danger, bien au contraire, lorsque nous nous plaçons volontairement dans des situations où ce risque est accru. Par exemple, l'avion confère aux usagers une énergie potentielle (liée à l'altitude) et une énergie cinétique (liée à la vitesse) beaucoup plus importantes que celles constatées pour une automobile ; la gravité des conséquences d'accidents est donc dramatique. Il n'en demeure pas moins que la probabilité d'occurrence étant faible, le risque est moindre.

L'incertitude dans l'atteinte des objectifs

La question se pose alors de comprendre les raisons qui nous poussent à nous placer en situation dangereuse et donc à être potentiellement affectés par des dommages importants. En fait, nous nous fixons des objectifs, comme par exemple, celui de nous rendre rapidement d'une ville à une autre, de façon économique et en arrivant en bonne santé. Pour atteindre ces objectifs, nous planifions puis mettons en œuvre des moyens : des systèmes techniques comme un avion, mais aussi des actions, des décisions, des organisations, etc., souvent multiples et combinés. La maîtrise de ces moyens permet généralement d'atteindre les objectifs assignés.

Cependant, l'atteinte effective des objectifs est basée sur des hypothèses (souvent implicites). Il s'agit, par exemple, de l'efficacité intrinsèque des moyens employés et des conditions de leur utilisation. Par exemple, le système de pilotage de l'avion suppose un bon fonctionnement de ses constituants. Or, ceux-ci peuvent comporter des fautes de conception et sont souvent affectés par le vieillissement (remettant en cause leur efficacité intrinsèque), ou encore peuvent être perturbés par des agressions externes telles que la foudre, des champs électromagnétiques ou des ions lourds (remettant en cause leurs conditions d'utilisation courante). Le non-respect de ces hypothèses peut affecter l'atteinte effective des objectifs. Ainsi, une panne dans un avion peut être à l'origine d'un retard ou d'une perte d'argent, voire de vies humaines. La définition précédente semble fournir les outils pour identifier les entraves à l'atteinte des objectifs : des événements dangereux peuvent

conduire à des événements dommageables. Leurs relations probabilistes sont établies, mais les lois utilisées sont généralement déduites d'un postulat : « le futur est le prolongement du passé ». Or, ce principe est erroné dans de nombreuses circonstances, comme c'est le cas avec le développement de nouvelles technologies (5). Du déterminisme de la première définition du risque, en passant par les lois du hasard de la seconde, nous plongeons dans l'incertitude sur les causes et leurs conséquences.

L'ISO a ainsi défini récemment le risque comme l'« effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs » (6). Dans le domaine de la sécurité, l'objectif fondamental est de préserver la santé des personnes. Il s'adjoint souvent d'autres objectifs, au plan humain mais également au niveau économique, environnemental, stratégique, etc. Nous avons déjà mentionné les multiples objectifs qui nous conduisent à choisir l'avion pour nos déplacements sur de longues distances. Sur les courtes distances, nous opterons parfois pour la voiture au lieu du train, pour des raisons de souplesse horaire, alors que le transport ferroviaire justifie d'un niveau de sécurité bien meilleur. Cette nouvelle définition du risque déplace à nouveau le point de vue en le focalisant cette fois-ci sur les objectifs. Pourquoi allons-nous à la montagne ? Pourquoi prenons-nous l'avion ? Pourquoi construisons-nous des barrages ? Cette nouvelle définition oblige à ne regarder le problème du risque ni sous l'angle de ses causes (danger et situation dangereuse), ni sous l'angle de ses conséquences (potentialité d'un événement dommageable), mais à travers ses effets et leurs sens (les objectifs) ainsi qu'à travers ses causes profondes (l'incertitude qui peut affecter l'atteinte desdits objectifs).

Conséquences de cette évolution sur la gestion des risques

La première définition du risque, centrée sur le danger, est abordée par l'identification des dangers (propriétés dangereuses et phénomènes dangereux) et des situations dangereuses, généralement obtenue par retours d'expérience, dires d'experts ou expérimentations. Comme nous l'avons déjà mentionné, le traitement des risques consiste alors à réduire la dangerosité ou l'occurrence des situations, puisque l'enchaînement des conséquences ne peut pas être maîtrisé.

Or, le danger n'est critiquable que dans la mesure où il conduit à l'apparition d'événements dommageables. La vraisemblance n'affecte pas seulement l'occurrence des dommages, elle en affecte également l'importance. En considérant le second point de vue sur le risque, l'essentiel n'est pas de réduire le danger mais d'en maîtriser les effets en termes de vraisemblance des événements dommageables et de gravité des dommages. La combinaison de ces deux attributs et sa comparaison à l'aide de « critères » permettent d'apprécier le niveau de risque, puis son acceptabilité. Ainsi, le risque conduisant à des événements fréquents (par exemple, dont la probabilité est supérieure à 10^{-5} par heure) s'accompagnant de conséquences négligeables peut être estimé d'un niveau d'importance équivalent à celui généré

rant des événements qualifiés d'impossibles (par exemple, dont la probabilité est inférieure à 10^{-9} par heure, soit une fois par centaine de milliers d'années) mais aux conséquences dramatiques.

La première définition du risque est fondée implicitement sur une appréciation négative du danger. Or, les sources du risque ont à la fois des effets négatifs et positifs, y compris sur la sécurité. Par exemple, les stabilisateurs d'une bicyclette empêchent un enfant de tomber, mais également de s'incliner dans un virage afin de maîtriser la force centripète, et ils conduisent donc à augmenter la potentialité de chute. Réciproquement, l'inclinaison de la bicyclette, qui peut provoquer la chute, contribue également à la sécurité. On pourrait, certes, imposer l'usage de stabilisateurs à tous les cyclistes, ainsi que la limitation de la vitesse à 4 km/h pour prévenir les chutes dans les virages, mais quel serait dès lors l'intérêt de se déplacer à vélo par rapport à la marche ?

La deuxième définition du risque a ainsi conduit à une seconde évolution notable dans la façon de le gérer, à savoir la prise en compte des événements bénéfiques susceptibles de survenir. Lorsque nous jouons au loto, nous pouvons assurément perdre de l'argent, mais aussi en gagner. L'agrégation des effets négatifs et positifs des sources de risque est alors nécessaire. Ce fait conduit à repenser le premier point de vue, en ne parlant plus de danger et en n'affectant plus la prise de risque d'une connotation négative (7). Ce point de vue est souvent décrié, au prétexte qu'il conduit à des dommages pour les uns et à des bénéfices pour les autres, sous-entendant que le terme de bénéfice concerne des apports financiers. Or, les sources radioactives utilisées par les appareils de traitement des tumeurs cancéreuses sont, certes, à l'origine de plusieurs décès, mais elles sont également à l'origine de la guérison de milliers de personnes (8). Les bénéfices comme les dommages concernent alors conjointement la santé. Les sources radioactives n'ont donc pas à être considérées comme des dangers qu'il faut rejeter, à moins d'afficher explicitement l'objectif de laisser mourir des milliers de personnes chaque année. Cet exemple souligne également la posture que prend le gestionnaire de risque : il considère une population (ici des patients) et non des individus. Or, les accidents affectent des individus (les victimes). Leurs suites, en particulier judiciaires, vont également concerner des individus (les responsables). Le juge va-t-il prendre en compte dans son appréciation les milliers de personnes sauvées ? A cause d'accidents, doit-on remettre en cause l'usage des dispositifs de traitement ?

Répondre à ces questions nécessite de prendre du recul vis à vis de ces événements (dommageables ou bénéfiques) et de s'interroger sur nos objectifs, pour ainsi aborder la troisième définition du risque (*effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs*). Les objectifs doivent tout d'abord être explicités. Or, ces objectifs sont multiples, parfois difficilement avouables, voire contradictoires. Par exemple, nous voulons consommer des produits en matière plastique, mais nous refusons l'implantation de sites industriels dans notre environnement, du fait de la possibilité de nuisances ou d'accidents. Notre santé est essentielle, mais nous limitons

les investissements dédiés à sa préservation (9). De plus, ces points de vue ne doivent pas exprimer une opinion personnelle mais refléter une expression collective. Par exemple, « l'usine sur ma commune emploie 1 000 personnes » et non « je n'y travaille pas ». Expliciter ces objectifs est donc assurément difficile, mais cette démarche est indispensable pour pouvoir aborder la question du risque et de sa gestion. Le second terme important de la troisième définition du risque est celui d'incertitude. Peut-on gérer l'incertain ? Quelle incidence a cette incertitude sur la façon de gérer les problèmes liés aux risques ? C'est ce que nous allons aborder dans la suite de cet article.

L'impact de l'incertitude sur la gestion du risque

Une fois les objectifs explicités, un plan d'action doit être établi afin que son exécution permette d'atteindre les objectifs fixés. Les activités relatives à la qualité permettent d'améliorer l'efficacité de ce plan. Le Management du risque n'a pas pour but de modifier ledit plan, mais de permettre le contrôle des « effets de l'incertitude » sur son exécution afin d'atteindre, malgré tout, les objectifs assignés. Le Management du risque n'a pas non plus pour fonction de supprimer ces incertitudes, mais vise à permettre la prise en compte de celles-ci (le vivre avec). Par exemple, les erreurs humaines ne peuvent pas être supprimées, car nous ne maîtrisons pas les causes profondes de ces phénomènes, du fait des connaissances limitées que nous en avons.

Nous ne développerons pas, dans cet article, les processus de Management des risques, dont les tâches d'identification, d'analyse, d'évaluation et de traitement sont classiques. Nous mentionnerons simplement trois tâches supplémentaires développées dans la norme ISO 31000 (10), en en soulignant les raisons d'être au regard de cette troisième définition du risque.

- « L'établissement du contexte », phase au cours de laquelle l'organisme doit, en particulier, énoncer de manière explicite ses objectifs. Cette étape est donc fondamentale, puisque ces objectifs constituent la fondation et la clef de voute de la gestion des risques. Les « critères de risque » utilisés pour évaluer l'importance des risques devront également être définis au cours de cette phase. Leur définition imposera d'explicitier les paramètres des arbitrages qui devront être faits entre les différents objectifs. Par exemple, lorsque nous choisissons de prendre notre voiture au lieu du train, nous privilégions le choix de la souplesse horaire à celui de la sécurité. L'incertitude affecte cette tâche car le contexte, qu'il soit social, culturel, politique, légal, réglementaire, technique, économique, etc., n'est pas toujours bien identifié ou peut avoir évolué.

- « La communication et (la) concertation » permettent, en particulier, d'obtenir un consensus sur des objectifs partagés ou de formuler les désaccords, ainsi que de percevoir les évolutions du contexte.

- La tâche de « surveillance et de revue » vise à s'assurer, entre autres, que les moyens de maîtrise des risques sont efficacement employés, en tirant par exemple les leçons des

événements intervenus (retours d'expérience). Elle aide également à identifier des risques émergents. A nouveau, cette tâche présuppose l'existence d'incertitudes et la nécessité de gérer ses effets. Par exemple, des techniques efficaces peuvent s'avérer mal employées, conduisant ainsi à une mauvaise maîtrise des risques et pouvant donc être à l'origine d'accidents. Par ailleurs, de nouveaux risques non identifiés jusqu'alors peuvent se révéler.

A ce processus de Management des risques, la nouvelle norme ISO 31000 propose d'intégrer un « cadre organisationnel » spécifique à ce type de management. Pour en donner une vue synthétique (sans doute simplifiée), ce Cadre peut être présenté comme un processus d'amélioration continue du « processus de Management des risques ». Son rôle inclut l'évaluation de l'efficacité des techniques employées dans la réalisation des tâches du processus et la proposition d'alternatives plus pertinentes. L'existence de ce cadre organisationnel est donc justifiée par la présence d'incertitudes sur l'efficacité réelle des techniques employées. Cette norme confirme donc que l'ambition d'un gestionnaire du risque est de faire au mieux (*best effort*). Tout n'est donc pas « sous contrôle » du fait même de la présence de cette incertitude, mais les moyens mis en place ont pour but d'assurer la meilleure maîtrise possible des risques.

Quelques réflexions sur l'incertitude

L'évolution du concept de risque et de la façon de le gérer soulève de nombreuses questions, sur lesquelles nous émettrons une opinion personnelle tout en étant bien conscients de la complexité du sujet abordé.

Du technicien à l'ingénieur, puis au décideur

Le rôle et les activités des gestionnaires des risques ont rapidement et profondément évolué. A l'origine, la maîtrise des sources du danger relevait de la compétence technologique de techniciens. La deuxième définition du risque (« Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences ») nécessite l'utilisation d'approches probabilistes. Elle conduit à la manipulation de modèles abstraits par des ingénieurs. La troisième définition (« Effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs ») nécessite d'intégrer les différentes parties prenantes concernées par la définition des objectifs (administrations, élus, industriels, riverains, syndicats, etc.). Ces dernières prennent part également aux nombreux arbitrages nécessaires au déroulement du processus de Management des risques, comme, par exemple, le choix explicite des critères d'appréciation des différents niveaux de risque. La décision devient donc un élément pivot de la maîtrise des risques. Elle nécessite non seulement de prendre en compte l'incertitude qui affecte la connaissance du danger et des phénomènes de propagation qui conditionnent l'atteinte ou non des objectifs, mais également l'incertitude encadrant l'exercice des activités de Management des risques. En effet, l'atteinte des objectifs de sécurité assignés au processus de Management du risque se trouve également entravée par l'incertitude. Le cadre orga-

nisationnel introduit par l'ISO 31000 a notamment pour fonction de gérer ce second type d'incertitude. Les résultats des analyses de risques sont eux-mêmes affectés par l'incertitude. Par exemple, une analyse ne peut pas fixer une frontière distinguant, de manière précise, les zones soumises à un risque de celles qui n'y sont pas exposées (et ce, même en disposant d'une grille de graduation des niveaux de risques). Dans les zones où règne une certaine incertitude, les choix relèvent d'une décision. Cette évolution du concept de risque influençant la façon de l'appréhender doit également conduire à une évolution des modalités de son enseignement. Aux méthodes prenant en compte l'incertitude (comme les analyses de sensibilité) doit s'ajouter une démarche scientifique intégrant le doute (comme la prise en compte du degré de confiance reconnu aux données ou son évaluation sur les résultats tirés de l'exploitation desdites données) (11).

Expliciter les objectifs

La gestion des risques passe d'abord par une bonne définition des objectifs. Nous avons déjà souligné la multiplicité de ces objectifs, comme leur caractère souvent contradictoire. La société (l'ensemble des parties prenantes) doit cependant impérativement arriver à un accord partagé sur ceux-ci. En effet, les moyens mis en œuvre en dépendront. Considérons, par exemple, l'incendie survenu durant la nuit du 26 au 27 octobre 2005 dans une prison d'Amsterdam qui causa la mort de 11 personnes. Les moyens efficaces d'ouverture des portes pour permettre une évacuation rapide dans les établissements recevant du public sont bien connus : bec de cane, poignée tournante, crémonne à poignée ou à levier, etc. Naturellement de tels dispositifs ne peuvent pas être employés dans une prison au regard de l'objectif d'internement des détenus, indépendamment de celui de la préservation de la santé des détenus qui incombe à l'institution pénitentiaire. Or, si cet exemple met en évidence le caractère contradictoire de ces deux objectifs, dans de nombreuses autres situations les divers objectifs sont implicites, voire même inavouables. La gestion des risques exige, cependant, le courage de les expliciter, en particulier, lorsque des objectifs économiques viennent s'ajouter aux objectifs de sécurité. Deux événements récents, illustrant ce sujet, justifieraient la tenue de débats afin que la société formule de manière explicite ses objectifs. Tout d'abord, de nombreuses activités à risque (centrales nucléaires, usines classées Seveso 2, etc.) contribuent à la richesse de leurs employés, mais aussi des communes où ces sites sont implantés. L'apport financier aux communes influe certainement sur l'acceptation de ces activités par les populations, bien que celles-ci n'en tirent pas un revenu direct. En serait-il de même en cas de suppression de la taxe professionnelle ? Considérons, comme second exemple, la production nucléaire. L'importance et l'ancienneté de son développement en France nous permettent de bénéficier d'une énergie électrique bon marché. Quel serait, dès lors, l'impact d'une augmentation notable du prix du kilowatt sur l'acceptation de cette source d'énergie ?

Agréger dommages et bénéfiques

Le point de vue développé dans la troisième définition du risque, voire dans la deuxième, n'est pas unanimement partagé. Les sources de risques sont souvent assimilées aux dangers. Leurs apports, sans être niés, sont considérés comme secondaires. L'agrégation des bénéfiques obtenus aux dommages possibles nécessite un changement culturel profond. Pourtant les faits sont têtus : par exemple, chaque année, quelques personnes décèdent à cause d'un surdosage de rayonnements ionisants (12) (20 patients dénombrés au titre des années 1987 et 1988 aux États-Unis, 15 patients en Espagne en 1991, 1 aux États-Unis en 1992, 17 au Costa Rica en 1996, 8 au Panama en 2000 et 2001, mais aussi en France : 1 à Lyon en 2004, 5 à Epinal entre 2004 et 2005) ; des décès sont également imputables à des sous-dosages (au Royaume-Uni, entre 1982 et 1991, 492 patients ont développé une rechute probablement due à un sous-dosage) ; mais, dans le même temps, des centaines de milliers de personnes sont également guéries. Cependant, nous apprécions spontanément ces sources de risques davantage en fonction de leurs victimes potentielles qu'au regard de leurs bénéficiaires. Sans doute notre éducation et notre environnement (médiatique, politique, judiciaire, etc.) nous y poussent-ils...

Expliciter les choix

L'évaluation de la balance entre les vies perdues et les vies sauvées concerne un seul objectif : la santé. Le débat est encore plus âpre lorsque d'autres objectifs interviennent, en particulier des objectifs économiques. Si la sécurité n'a pas de prix, elle a un coût. Expliciter nos objectifs de dépenses est donc indispensable. L'atteinte de cet autre objectif va également se concrétiser par des arbitrages effectués dans le cadre du processus de Management des risques. Ainsi est-il pertinent d'évaluer l'efficacité des moyens envisagés pour augmenter la sécurité, non pas dans le but de dépenser moins, mais de dépenser mieux, dans le cadre de budgets explicitement formulés par des objectifs économiques. Lorsque d'autres objectifs (environnementaux, sociaux, stratégiques, etc.) entrent en ligne de compte (13), la formulation des arbitrages, et donc des choix de société, deviennent difficiles, non seulement à faire, mais aussi à avouer.

Accepter l'incertitude

Le Management du risque, au sens de la troisième définition, n'a pas pour but d'éliminer l'incertitude. Elle est propre à nos activités et est sans doute même indispensable. Reconnaître l'existence de l'incertitude comme attribut inhérent à nos actions, à nos décisions, etc., est essentiel. Cela veut dire, en particulier, que tout n'est pas « sous contrôle ». La phrase choquera sans doute beaucoup de lecteurs. Admettre cette incertitude demandera assurément de profonds changements culturels. Des accidents du travail, de transport, médicaux, etc., sont survenus et

peuvent de nouveau survenir. Nous devons tout faire pour les réduire mais nos connaissances sont limitées et les moyens de maîtrise à notre disposition ne peuvent pas offrir une garantie totale d'efficacité. Par ailleurs, l'incertitude présente des côtés bénéfiques. Pour donner seulement deux exemples : Christophe Colomb avait prévu de rejoindre les Indes et il découvrit l'Amérique ; Alexander Fleming, en observant une de ses expériences contaminée par des microorganismes, découvrit les effets de la pénicilline. Le refus de l'incertitude conduit parfois à un rejet de solutions incertaines, pourtant porteuses d'une amélioration potentielle de la sécurité. Par exemple, si l'homme est à l'origine d'accidents, il constitue souvent un moyen efficace de maintien de la sécurité, en particulier dans des situations non prévues (14). Ce refus de l'incertitude caractérise très fréquemment les découvertes scientifiques. Les nanotechnologies en fournissent un exemple actuel. La recherche pourrait sans doute permettre de mieux discerner ces incertitudes afin de maîtriser leurs effets vis-à-vis des objectifs que s'est fixée la société, autrement dit mieux gérer les risques propres à ces technologies. Des utilisations sont déjà à l'étude pour améliorer la santé. En revanche, les usages de ces découvertes doivent être discutés, toujours au regard de l'ensemble des objectifs sociétaux, afin d'en étudier les risques effectifs.

Notes

* Professeur à l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Toulouse, Directeur Scientifique de la FonCSI (Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle).

(1) L'utilisation du « nous » a pour but d'impliquer le lecteur sur les questions soulevées dans cet article. Ce « nous » pourrait être remplacé par le terme « l'organisation », qui peut représenter une seule personne, un groupe d'individus (collectivités locales, élus, entreprises, syndicats, etc.) ou un Etat, etc.

(2) Guide 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inscrire dans les normes*, ISO (1999).

(3) Peter L. Bernstein, *Plus fort que les Dieux – La remarquable histoire du risque*, Flammarion (1998).

(4) Le Guide 51 de l'ISO, dans sa version publiée en 1990, définit le risque comme « *The probable rate of occurrence of a hazard ensuring harm and the degree of severity of the harm* », symbolisant la transition du point de vue du danger vers l'événement dommageable.

(5) Ou de façon plus générale, les situations dont le faible nombre d'occurrences passées ne permet pas d'appliquer la loi des grands nombres pour procéder à des déductions statistiques.

(6) Guide 73, *Management du risque – Vocabulaire*, ISO (2009).

(7) La première version du Guide 73 de l'ISO (2002) définissait le risque comme « la combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » alors que le Guide 51, dans sa version de 1999, le définissait, rappelons-le, comme « la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité ». Notons également qu'entre les versions de 1990 et 1999 du Guide 51, une première tendance s'était dessinée en définissant la sécurité comme « l'absence de risque inacceptable » (1999) au lieu de « l'absence de risque inacceptable de dommage » (1990). Le dommage restait cependant rattaché au risque dans l'édition de 1999 de cette norme.

(8) Nous discuterons de cet exemple dans la suite de cet article.

QUELQUES ASPECTS THÉORIQUES SUR L'INCERTITUDE

37

(9) Voir, par exemple, les critères encadrant l'achat d'une automobile, qui placent le coût, la fiabilité, les fonctionnalités, l'esthétique, etc., bien avant la sécurité. Ou encore, le faible nombre de personnes ayant équipé leur domicile de détecteurs de fumées.

(10) ISO 31000, *Management du risque – Principes et lignes directrices*, ISO (2009).

(11) Le Mastère Spécialisé « *Risk Engineering* » de l'INSA et l'INP de

Toulouse élaboré et développé avec l'ICSI introduit cette nouvelle culture scientifique. Voir : www.pole-masteres-risques.org

(12) Voir, par exemple, *Description de quelques accidents majeurs de radiothérapie survenus dans le monde*, sur le site de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire).

(13) Ils sont généralement présents mais rarement explicités.

(14) Incertitude sur les multiples situations pouvant survenir.

Quid de la gestion des risques après la constitutionnalisation du principe de précaution ?

Le 1^{er} mars 2005, le Président de la République promulguait la Charte de l'environnement adossée à la Constitution. Son article 5 donne une valeur constitutionnelle au principe de précaution en ces termes : « Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage ». Ainsi était mis un terme à trois années de débats animés et de vives controverses (Godard, 2004, [4]) sur le statut à reconnaître (ou non) à ce principe de prévention et de gestion de ces risques potentiels, hypothétiques, suspectés, non établis mais non écartés, dont l'expérience avait montré qu'ils ne pouvaient être ignorés sans conséquences parfois très graves pour l'environnement et pour la santé publique (Agence européenne de l'environnement, 2004, [1]).

par Olivier GODARD*

Les Académies de notre pays s'étaient prononcées contre la reconnaissance constitutionnelle du principe de précaution, affirmant qu'une telle reconnaissance ferait obstacle à la recherche scientifique, mettrait la connaissance sous la tutelle de l'opinion publique, bloquerait l'initiative économique et toute innovation technologique (1). Cette thèse était contredite par un appel des scientifiques pour la Charte, rendu public le 4 mars 2004 et signé par 400 chercheurs, dont le président du CNRS, celui du Muséum national d'histoire naturelle et celui de l'ANDRA (voir l'encadré en page suivante). D'autres prophétisaient une extension considérable de la judiciarisation de la société, en autorisant désormais quiconque à accuser sans preuve, par invocation de menaces imaginaires ; cela ferait ainsi planer une menace permanente sur tous les responsables, chefs d'entreprises, médecins ou élus locaux, de se voir mis en cause devant des tribunaux pour « défaut de précaution », pour des faits remontant à des années auparavant. Serait ainsi portée une atteinte grave aux valeurs fondamentales de la République (Ewald, 2004, [3]).

A l'opposé, les défenseurs de la constitutionnalisation du principe de précaution mettaient en avant trois motifs : obliger les pouvoirs publics à changer de logiciel en matière de gestion des risques touchant à l'environnement et à la santé, alors que leur comportement avait par le passé, en plusieurs occasions (amiante, sang contaminé, hormones de croissance, pollution chimique, vache folle, etc.), été caracté-

térisé par un attentisme ou une défaillance dans l'adoption et la mise en œuvre de mesures adaptées, avec les conséquences dommageables que l'on connaît ; mettre des garde-fous précis contre les interprétations diverses, souvent irréflechies dans leur radicalité, parfois étranges, que ce principe pourrait susciter ; assurer la prééminence de l'interprétation française du principe sur toute autre pouvant émaner d'instances européennes ou internationales (2).

Des craintes des uns et des attentes des autres, qu'en est-il à l'issue de ces quatre années ? Les graves dérives annoncées se sont-elles concrétisées ? Est-ce la constitutionnalisation du principe de précaution qui a suscité l'émoi du monde de la recherche depuis 2005 ? Est-ce lui qui a mis l'économie française en crise en 2008-2009 ou qui freine le retour de la croissance comme l'affirmait le rapport Attali (2008, [2]) sur la libération de la croissance (3) ? Symétriquement, la sagesse et la pondération dont est empreinte la formulation de l'article 5 ont-elles suffi à la fois à impulser une nouvelle approche des risques et à encadrer les mises en œuvre de ce principe ?

C'est la réponse à ces questions que je me propose d'éclairer dans la suite de cet article, non pas par un présumptueux bilan général de la gestion des risques dans le pays, mais par un commentaire de deux épisodes caractéristiques de cette gestion : la suspension de l'autorisation de mise en culture du maïs OGM MON 810 de la société

Encadré**Appel des scientifiques pour la Charte de l'environnement**

(Extrait) – 4 mars 2004.

« [...] Nous considérons également que l'affirmation au niveau constitutionnel de ces principes, droits et obligations, n'est pas un frein mais un stimulant pour le développement des recherches scientifiques. S'agissant d'inventions et d'innovations techniques, cette affirmation doit conduire à accueillir avec davantage de prudence certains types d'application au regard des risques qu'ils peuvent présenter, tout en renforçant considérablement le besoin dans d'autres domaines de développement technologique. La réalisation d'un développement durable ne se conçoit pas sans une mobilisation de l'innovation technologique au service de la réduction de la pression humaine sur les systèmes écologiques et les ressources communes. Certaines activités scientifiques permettent de comprendre le monde et d'éclairer les effets de l'action ; d'autres sont davantage orientées vers la transformation du monde et l'invention. C'est par l'équilibre entre sciences éclairantes et sciences agissantes que nos sociétés pourront au mieux gérer les risques et exploiter les opportunités mises en évidence par la science et la technique. [...] »

Monsanto et trois arrêts récents émanant de tribunaux civil, imposant le démantèlement d'antennes relais de téléphonie mobile et l'indemnisation des troubles ressentis par les plaignants, en dépit de l'absence de réalisation d'un dommage objectif. Au préalable, un rappel sur la doctrine établie du principe de précaution s'impose (Godard et al., 2002, [7] ; Noiville, 2007, [9]).

Que recouvre le principe de précaution en Europe et dans la Charte de l'environnement ?*La doctrine européenne*

L'idée première est celle d'une obligation de prise en compte précoce d'hypothèses de risques de dommages graves et irréversibles à l'environnement, à la sécurité alimentaire et à la santé publique. L'incertitude scientifique, qui diffère de l'incertitude événementielle, ne doit pas servir de prétexte au report de toute mesure de prévention et de gestion du risque. Comment agir dans ces conditions ? D'abord en procédant à l'expertise des hypothèses de risques, ensuite en adoptant des mesures proportionnées visant à parer à la réalisation du dommage.

Loin de rompre avec l'expertise scientifique, les autorités doivent veiller à l'évaluation scientifique des hypothèses de

risques soulevées. Cette évaluation doit se mener à bonne distance des pouvoirs économiques, administratifs et politiques afin d'en préserver l'indépendance. Compétente, pluraliste, pluridisciplinaire et contradictoire, l'expertise doit s'ouvrir, le cas échéant, à l'expression des avis minoritaires : il est utile aux décideurs, pour bien apprécier la situation des risques, de savoir si les experts sont d'accord ou s'ils sont partagés dans leurs évaluations et leurs recommandations.

Les mesures de précaution doivent être révisables en fonction de l'avancée des connaissances. C'est sur la base de l'appréciation de la gravité du risque imaginé, d'une analyse des avantages et des coûts de toute nature, des options d'action envisageables et d'une expertise de la consistance scientifique des hypothèses de risques que la proportionnalité des mesures prises ou à prendre peut être appréciée. Les mesures envisageables sont nombreuses : une veille scientifique, la recherche, l'information du public, les dispositifs administratifs d'autorisation préalable, les incitations, les restrictions d'usage, les suspensions provisoires et, la plus coercitive, l'interdiction pure et simple, laquelle ne se justifie que dans une configuration associant la gravité du dommage encouru et la solidité du dossier scientifique permettant d'étayer l'hypothèse de ce risque. Le tout est soumis à deux contraintes : une cohérence avec les mesures de gestion des risques adoptées dans le cas de situations comparables, tout en tenant compte de l'évolution de la société et des connaissances lorsque le décalage temporel est significatif ; le refus de toute discrimination commerciale injustifiée.

Le principe de précaution crée une obligation de recherche pour lever les incertitudes scientifiques pendantes, qui ne peuvent servir d'alibi pour faire perdurer des mesures d'attente. Lorsque les besoins de la connaissance l'exigent, les recherches doivent aller jusqu'à l'expérimentation en conditions réelles des techniques suspectées, à condition, naturellement, d'être menées avec prudence et sous le contrôle d'un suivi scientifique attentif, prêt à repérer les incidences dommageables.

La Charte de l'environnement

L'article 5 de la Charte introduit des repères qui encadrent la mise en œuvre légitime du principe de précaution : la perspective de dommages graves et irréversibles à l'environnement, l'incertitude scientifique, l'évaluation des risques, la proportionnalité et le caractère provisoire et révisable des mesures de précaution, le rôle de premier rang des autorités publiques, qui doivent veiller à son application diligente dans la limite des compétences de chacun. Ces repères s'imposent, tant pour l'organisation de l'expertise des risques que pour les mesures de précaution à adopter.

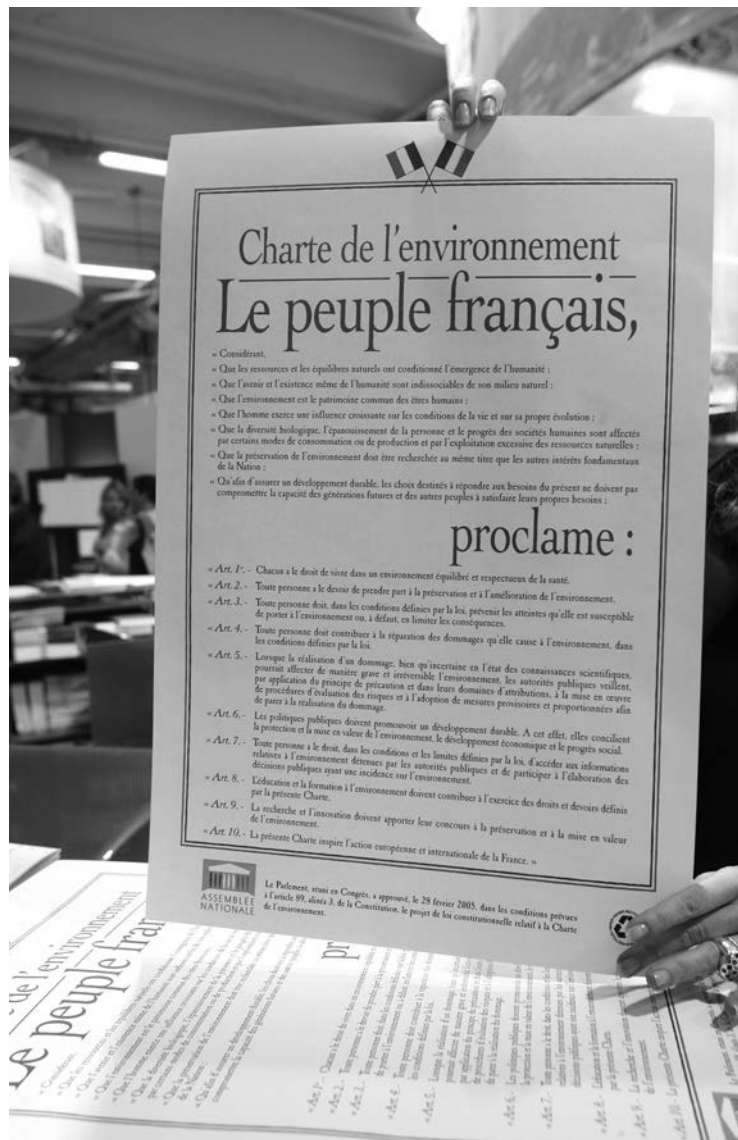
En outre, en combinant la lecture de l'article 5 avec celle des articles 1, 3 et 6, qui doivent être interprétés solidairement et non isolément, il ressort que la gestion des risques d'atteinte à l'environnement doit prendre en compte les répercussions possibles pour la santé que ces atteintes pourraient avoir, mais que cette prise en compte doit se

faire dans une perspective de conciliation de la protection de l'environnement avec le développement économique et le progrès social et non de remise en cause radicale de l'idée même du développement. Le fait que les autorités publiques se voient attribuer un rôle premier d'orchestration ne signifie pas qu'elles soient les seules à devoir mettre en œuvre des actions, puisque toute personne a le devoir de prendre part à la préservation de l'environnement dans le cadre public fixé par la loi, et que le rôle des autorités publiques est de « veiller à » ce que chacun satisfasse bien à ses obligations en fonction de ses compétences et de sa place au regard de la création des risques.

Ainsi se trouvent confirmées plusieurs idées essentielles : les autorités publiques ont, en cas de menace de dommages pour l'environnement et, de façon indirecte, pour la santé, l'obligation de se saisir de façon précoce d'hypothèses de dangers dont l'existence et l'incidence ne sont pas formellement établies. Toutefois, contrairement à une opinion courante, même chez certains experts, se saisir de façon précoce d'hypothèses de risques ne signifie pas qu'on doive décréter immédiatement toutes sortes d'interdictions. Adossé à l'idée de proportionnalité, le principe de précaution n'empêche pas de prendre certains risques, mais définit la manière de les prendre : avec prudence, en associant action, développement des connaissances et retour d'expérience, d'où l'idée d'inscrire les actions de précaution sous l'égide du provisoire.

L'application du principe de précaution depuis 2005

Un bilan nuancé du développement de la jurisprudence administrative et judiciaire sur le principe de précaution



« La Charte de l'environnement » éditée par l'Assemblée Nationale, Salon des maires et des collectivités locales, 22 novembre 2005.

© Hamilton/REA

assez superbement la lettre et l'esprit du texte constitutionnel.

Cette déception tient grandement au fait que les pouvoirs publics n'ont pas donné au principe de précaution un cadre organisé qui définirait les procédures à suivre et les rôles attribués à différents types d'acteurs. Ce principe reste entouré d'un certain flou, laissé à la libre appréciation des autorités publiques qui en ont reçu la charge et des acteurs du système judiciaire, comme un joker utilisable ou non en fonction des visées de chacun.

L'épisode de la suspension de l'autorisation de la culture du maïs OGM MON 810

L'autorisation de cultiver le MON 810 a été suspendue par le Gouvernement français en janvier 2008. Il est donc pertinent de se référer à l'article 5 de la Charte pour savoir si le principe de précaution a été, à cette occasion, mobilisé à bon escient pour une plante génétiquement modifiée

tion peut être établi. Il s'avère d'ailleurs plus nourri au plan du droit communautaire qu'au plan du droit national (Noiville, 2007, [9]). Le fait le plus marquant est que la constitutionnalisation du principe de précaution n'a confirmé ni les craintes des uns, ni les attentes des autres. Tout se passe comme si (ou presque) rien n'avait changé. L'encadrement que devait apporter l'article 5 à la fois sur le plan de l'expertise et sur celui de la gestion par les autorités publiques n'a pas fait sentir ses effets. Les confusions et abus qui existaient auparavant n'ont pas disparu, sans qu'on puisse bien évidemment mettre en cause la responsabilité du texte constitutionnel. Le juge judiciaire, quant à lui, a continué de construire, par tâtonnements, sa doctrine en matière de gestion des risques, en ignorant

(PGM) dont la culture avait été autorisée dix ans auparavant (Godard, 2008, [5]).

Le Grenelle de l'Environnement avait débouché, fin octobre 2007, s'agissant de la culture commerciale des OGM, sur un accord visant la suspension de l'autorisation donnée à la culture du MON 810, dans l'attente de l'adoption d'une nouvelle loi sur les OGM. Dans le cadre du droit européen, le recours à la clause de sauvegarde prévue par la directive en vigueur, laquelle permet à un pays de suspendre une autorisation de mise en culture qui avait été régulièrement obtenue, doit nécessairement s'appuyer sur un avis scientifique compétent apportant des éléments nouveaux et suffisamment graves. Le 5 décembre 2007, un Comité de préfiguration d'une nouvelle Haute Autorité sur les biotechnologies est créé par décret. Les nominations à ce Comité suivent de peu. Le sénateur Jean-François Le Grand, qui avait co-présidé l'intergroupe du Grenelle de l'Environnement consacré à la culture des OGM, en est nommé président. Il est demandé à ce Comité de ne pas se contenter de préfigurer, mais, en urgence, de réévaluer les risques pour l'environnement et la santé du MON 810.

Le 9 janvier 2008, le Président Le Grand faisait part, au nom du Comité, à Jean-Louis Borloo, Ministre d'État, ministre de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, de l'existence de faits scientifiques nouveaux concernant l'impact sur la faune de l'utilisation agricole du MON 810. Il concluait à des « doutes sérieux » quant aux impacts de cette culture sur l'environnement et la santé. Il reprenait ainsi l'expression utilisée, la

veille, par le Président de la République comme condition d'enclenchement de la clause de sauvegarde. Le lendemain, 14 membres du Comité, dont 12 des 15 membres constituant la section scientifique, faisaient savoir, dans un communiqué, que leur avis ne comportait pas les termes « doutes sérieux » et « faits scientifiques nouveaux négatifs », tout en reconnaissant l'existence de faits scientifiques nouveaux et l'existence de réelles interrogations. Ils confessaient leur gêne due à ce décalage et déploraient le manque de temps qui ne leur avait pas permis de rendre une expertise selon les normes de qualité de l'expertise collective. Le 11 janvier 2008, le Gouvernement annonçait néanmoins qu'il engageait la procédure de sauvegarde, en application du principe de précaution.

Pour être en conformité avec le texte constitutionnel, il eut fallu que le Comité de préfiguration caractérise les dangers et les dommages encourus pour l'environnement et évalue les risques créés par cette PGM. Cela n'a pas été le cas. Le maïs cultivé n'ayant pas en France de plante cousine, le risque de diffusion de transgènes en dehors des cultures de maïs est négligeable, ce qui fait que le problème est éventuellement agronomique (4) (transfert de gènes vers des maïs non OGM), voire juridique ou économique, mais en aucun cas de nature environnementale, à l'exception d'effets potentiels (maïs contestés) sur les lombrics. La simple possibilité que des pollens puissent, en faible proportion, se diffuser sur quelques dizaines de kilomètres ne suffit à caractériser ni le danger, ni l'exposition au danger, pas plus qu'elle ne peut constituer une évaluation du risque et attes-



© Florence Durand/SIPA

« L'autorisation de cultiver le (maïs) MON 810 a été suspendue par le Gouvernement français en janvier 2008 ».



© Garel/REA

« L'implantation des antennes-relais de téléphonie mobile a soulevé l'inquiétude d'habitants demeurant au voisinage de ces implantations quant aux effets des ondes sur leur santé, au-delà des aspects esthétiques et patrimoniaux éventuellement en jeu ». Antenne-relais sur le toit d'un immeuble parisien, 7 décembre 2007.

ter du caractère de gravité et d'irréversibilité des dommages encourus.

L'exigence de cohérence impliquait de comparer les risques du MON 810 avec les risques similaires acceptés, comme ceux résultant de la culture de maïs non OGM. Cela n'a pas été fait, sauf pour noter que les effets des maïs OGM Bt sur des familles d'invertébrés sont moindres que ceux liés aux traitements insecticides accompagnant la culture usuelle du maïs !

Enfin, le jugement en proportionnalité demandait l'établissement d'un bilan des coûts et des avantages des différentes options d'action. L'expertise aurait dû se pencher également sur les avantages de la culture du MON 810 et considérer d'autres mesures que la simple suspension de l'autorisation de sa culture. Ainsi, les Allemands avaient conditionné l'autorisation de mise en culture à l'établissement d'un dispositif de surveillance permettant de mieux connaître les conditions d'insertion de la PGM dans le milieu naturel et d'identifier les dommages éventuels. Dans la mesure où, en 2007, la surface cultivée en MON 810 représentait moins de 1 % de la surface occupée par la production de maïs en France, maintenir la culture en l'accompagnant d'un dispositif de surveillance aurait certainement constitué une mesure plus conforme à l'esprit du principe de précaution qu'une décision d'interdiction dénuée de toute motivation.

Dans ce cas, ce sont les autorités politiques elles-mêmes qui ont pris des libertés au regard des repères substantiels

donnés par le texte constitutionnel, ce que le Conseil d'État n'a pas voulu sanctionner, en s'en tenant à un contrôle externe de légalité : il y a bien eu convocation d'une expertise ; la mesure adoptée est provisoire (une suspension). Ces mêmes autorités ont, à l'occasion, manipulé l'expertise scientifique en fonction d'un compromis politique défini au préalable, ce qui a provoqué de telles réactions de la communauté scientifique qu'il a fallu plus d'un an pour trouver une personnalité scientifique incontestable qui accepte de prendre la présidence de la nouvelle Haute autorité sur les biotechnologies.

La gestion d'hypothèses de risque par le juge judiciaire : les litiges relatifs à l'implantation d'antennes-relais de téléphonie mobile

L'implantation des antennes-relais de téléphonie mobile a soulevé l'inquiétude d'habitants demeurant au voisinage de ces implantations quant aux effets des ondes sur leur santé, au-delà des aspects esthétiques et patrimoniaux éventuellement en jeu. Il en est résulté différents litiges civils. Bien que la majorité des jugements rendus déboutent les plaignants en considérant que les valeurs limites réglementaires d'exposition incluent déjà les exigences du principe de précaution, une salve d'arrêts jugeant en sens contraire ont été rendus entre septembre 2008 et mars 2009, par des tribunaux de grande instance (TGI) et par une

cour d'appel. Il s'agit des arrêts du TGI de Nanterre du 18 septembre 2008, de la cour d'appel de Versailles du 4 février 2009, du TGI de Carpentras du 16 février 2009 et du TGI d'Angers du 5 mars 2009.

L'architecture du raisonnement est identique dans les quatre cas, à quelques nuances près. Leur conclusion commune est d'ordonner le démantèlement de l'antenne-relais litigieuse et, dans certains cas, de verser des dommages-intérêts pour indemniser le préjudice subi par les plaignants du fait de la présence de ladite antenne.

Le TGI de Nanterre posait ainsi les termes initiaux de l'argumentation : le risque de troubles sanitaires causés par l'exposition aux antennes-relais est certain dès lors qu'il n'est pas contesté que les autorités compétentes en la matière, tant internationales que nationales, préconisent de faire application du principe de précaution. Le caractère anormal de ce risque tient quant à lui au fait qu'il touche à la santé humaine.

Ces arrêts confirment tous que la conformité réglementaire, la licéité de l'activité et son utilité pour la collectivité ne suffisent pas à écarter la possibilité d'un trouble de voisinage. S'ils reconnaissent qu'il n'a jamais été établi que les ondes électromagnétiques respectant la réglementation aient des effets non thermiques dangereux pour la santé publique, ils soulignent également que les controverses publiques comme les expertises et études scientifiques n'ont pas permis d'exclure avec certitude la possibilité d'impacts sanitaires. C'est ainsi que l'absence de certitude quant à l'absence de risques est qualifiée de risque certain. Ce que commente la cour d'appel de Versailles de la façon suivante : « la confirmation de l'existence d'effets nocifs pour la santé exclut nécessairement l'existence d'un risque puisqu'elle correspond à la constatation d'une atteinte à la santé qui, en l'espèce, confinerait à la catastrophe sanitaire ». Autrement dit, dès lors que les phénomènes constitutifs d'un danger seraient établis et que les dommages résultant de l'exposition à ce danger seraient identifiés ainsi que sa probabilité, tous éléments qui qualifient la situation de risques *stricto sensu* dans le cadre de ce qu'on appelle l'analyse de risques, nous ne serions plus en fait en présence d'un risque, nous dit le juge judiciaire. Pour la cour, la catégorie de risque demande le maintien de l'incertitude sur l'existence même du phénomène dommageable. Et cette incertitude vaut dès lors certitude du risque !

De plus, l'incertitude sur l'innocuité est qualifiée par les juges de sérieuse et raisonnable en raison de plusieurs éléments de faits : il existe des articles de mise en garde écrits par des auteurs exerçant une profession médicale ou ayant des titres scientifiques ; certains pays étrangers ont adopté des normes réglementaires plus exigeantes que celles retenues par la France pour le niveau admissible d'intensité de l'exposition aux ondes (5) ; une instance d'expertise de l'AFSSET avait recommandé l'adoption d'une mesure de précaution quant au respect d'une distance minimale entre le site d'implantation de l'antenne et les lieux d'habitation (6). D'autres arguments s'ajoutent selon les jugements. Pour l'un, la société de téléphonie mobile mise en cause n'a pas

utilisé tous les moyens techniques à sa disposition pour ramener l'intensité de l'exposition aux ondes au minimum possible – sorte de principe ALARA sans le R. Pour l'autre, le principe d'égalité des citoyens devant les charges publiques fait obligation aux autorités publiques d'assurer un niveau de sécurité identique pour tous les citoyens ; en l'occurrence, éloigner les antennes-relais du centre ville pour les mettre sur un unique pylône aux confins du village, mais implanté à moins de 135 mètres d'une habitation isolée, contrevenait à ce principe d'égalité.

La conclusion s'imposait : ne pouvant se voir garantir une absence de risque sanitaire, les plaignants éprouvaient une crainte légitime pour leur santé et celle de leurs enfants. Cette crainte est constitutive d'un trouble de voisinage. Le caractère anormal de ce trouble s'infère de ce que ce risque touche à la santé humaine.

Ainsi, l'implantation d'un équipement, dont aucun effet dommageable pour la santé, si ce n'est l'inquiétude et l'angoisse, n'a pu être montré ni dans le cas d'espèce, ni de façon statistique sur de larges ensembles de populations exposées *a priori*, est néanmoins qualifiée de source d'un trouble anormal de voisinage. L'angoisse suscitée par la proximité de l'antenne-relais constituait en soi un préjudice moral dont la cessation s'imposait. Il est intéressant de noter que ces jugements ne se sont pas prévalus directement du principe de précaution, sans pour autant en ignorer l'existence. Ils l'ont contourné via la théorie du trouble de voisinage. Il est vrai que le problème posé n'est pas environnemental, mais directement sanitaire, et que le principe de précaution ne fait pas partie des principes énoncés par la loi de politique de santé publique du 9 août 2004.

Par réductions successives, de l'incertitude à l'incertitude raisonnable et de cette dernière au risque puis au risque certain, et de ce dernier à l'angoisse légitime, les juges, dans ces quatre arrêts, ont fini par voir un trouble anormal de voisinage légitimant démantèlement et indemnisation dans la présence d'un équipement conforme en tout point à la réglementation, n'ayant suscité aucun dommage sanitaire avéré et en l'absence de toute identification générique d'un type de dommage sanitaire caractérisé. À travers l'angoisse jugée légitime, la seule présence de l'équipement vaut désormais dommage. Nous sommes bien loin des exigences de gravité et d'irréversibilité du dommage environnemental, et de proportionnalité et de réversibilité des mesures de précaution qu'institue la Charte de l'environnement pour l'application de ce principe si souvent incriminé ! Autant dire que si cette jurisprudence judiciaire passait les obstacles successifs des appels et de la cassation, il en serait fini de la doctrine raisonnable du principe de précaution. Qu'on songe aux perspectives d'application de cette nouvelle jurisprudence à toutes les installations industrielles (centrales nucléaires, complexes pétrochimiques, installations de traitement de déchets, etc.), ainsi qu'à certains équipements comme les éoliennes, sans parler, naturellement, des camions et des automobiles qui peuplent notre quotidien. Leur présence dans notre voisinage ne suscite-t-elle pas notre angoisse légitime ?

Conclusion

L'élaboration procédurale du principe de précaution a été laissée en France à mi-chemin. Chacun peut décider, ou pas, de se référer à ce principe, maintenu en l'air sans équipements pour l'arrimer. Dans les deux cas rapportés, ce n'est pas l'application du principe constitutionnel de précaution qui a posé problème, c'est sa non application, dans le premier cas par le pouvoir politique, dans le second cas par des juges judiciaires. Le principe de précaution a été « déventé » par des logiques politique et judiciaire plus puissantes, manifestement peu enclines à se laisser contraindre par le texte constitutionnel, et ce aussi bien dans sa lettre que dans son esprit !

Notes

* Directeur de recherche au CNRS – École Polytechnique.

(1) Ainsi, dans un communiqué présenté au nom de l'Académie de médecine, le 11 mars 2003, Charles Pilet (2003, [10]) écrivait : « Inscire le principe de précaution dans des textes à valeur constitutionnelle ou dans une loi organique pourrait induire des effets pervers, susceptibles d'avoir des conséquences désastreuses sur les progrès futurs de notre bien-être, de notre santé et de notre environnement. »

(2) Voir, notamment, le rapport de la députée Nathalie Kosciusko-Morizet (2004, [8]). Sur la question controversée de la prééminence du droit constitutionnel français sur le droit communautaire, voir O. Godard (2009, [6]).

(3) Ce rapport indique (pp. 91-92) à propos du principe de précaution que « cette référence génère des incertitudes juridiques et instaure un contexte préjudiciable à l'innovation et à la croissance, en raison des risques de contentieux en responsabilité à l'encontre des entreprises les plus innovantes devant les tribunaux de l'ordre judiciaire. Elle fait également peser une lourde présomption sur les décisions de police administrative. [...] Si le texte constitutionnel entend prévenir la réalisation de dommages nuisibles à la collectivité, sa rédaction très ouverte laisse place à des interprétations potentiellement divergentes, susceptibles de paralyser l'activité économique et celle de l'administration. [...] De plus, l'article 5 de la Charte de l'environnement risque d'inhiber la recherche fondamentale et appliquée, dans la mesure où une innovation qui générerait potentiellement un dommage, dont la réalisation serait « incertaine en l'état des connaissances scientifiques », pourrait ouvrir des recours en responsabilité. » Et de conclu-

re : « La constitutionnalisation du principe fige la réalité et constitue un obstacle à la croissance ».

(4) Si un gène de résistance Bt est transféré d'un maïs OGM à un maïs non-OGM, mais que cela n'a pas d'autre incidence sur le fonctionnement écologique, alors le problème est éventuellement de nature agronomique, mais pas environnementale.

(5) Où l'on voit que la prééminence de l'interprétation française des exigences du principe de précaution sur les interprétations émanant de l'étranger n'existe pas aux yeux des juges. Bien au contraire, les pratiques adoptées par d'autres pays peuvent être invoquées comme preuve de l'existence d'un trouble anormal imposé à des citoyens français...

Bibliographie

[1] Agence européenne de l'environnement, *Signaux précoces et leçons tardives : le principe de précaution – 1896 – 2000*. Orléans, diffusion : Ifen, 2004.

[2] ATTALI (J.) (Prés.), *Rapport de la Commission pour la libération de la croissance française*. La Documentation française, 2008.

[3] EWALD (F.), « 2004, une France précautionneuse ? », *Les Échos*, 8 janvier 2004.

[4] GODARD (O.), « Charte de l'environnement : pour le principe de précaution », *Futuribles*, (297), mai, pp. 73-86, 2004.

[5] GODARD (O.), « Le principe de précaution et la controverse OGM », *Économie publique*, (21), 2007/2, pp. 13-75, 2008.

[6] GODARD (O.), « Le principe constitutionnel de précaution en France, la souveraineté réaffirmée », Colloque 'La Constitution économique de l'État' – L'ordre constitutionnel économique (1958-2008)', Paris, Université Paris-Descartes, 3 octobre 2008, *Les Petites Affiches*, numéro spécial (16), 22 janvier, pp. 43-51, 2009.

[7] GODARD (O.), HENRY (C.), LAGADEC (P.) et MICHEL-KERJAN (E.), *Traité des nouveaux risques – Précaution, crise, assurances*. Folio-Actuel, 2002.

[8] KOSCIUSKO-MORIZET (N.), *Rapport fait au nom de la Commission des lois constitutionnelles, de la législation et de l'administration générale de la République sur le projet de loi constitutionnelle (n° 992) relatif à la Charte de l'environnement*. Paris, Assemblée nationale, n° 1595, 19 mai 2004.

[9] NOIVILLE (C.) (dir.), « Dossier principe de précaution », *Recueil Dalloz*, (22), pp. 1514-1550, 2007.

L'investissement de défense face à l'incertitude

Du fait de la durée du cycle des équipements militaires, l'incertitude se trouve au cœur de l'investissement de défense. Si celle-ci concerne, bien sûr, le volet technologique (le « comment »), l'impossibilité de développer tous les types de systèmes requiert d'opérer des choix plaçant ainsi, au premier plan, la question du « pourquoi » des capacités à mettre en place. Or, comme l'explique le Livre blanc sur la Défense et la Sécurité nationale, « le contexte international dans son ensemble appelle la prise en compte de l'incertitude stratégique comme fondement de la pensée et de la politique de défense et de sécurité de la France [...]. Fondant une fonction stratégique nouvelle érigée en priorité, la connaissance et l'anticipation constituent notre première ligne de défense, garantissent notre autonomie de décision et permettent de conserver l'initiative stratégique ».

Dans ce texte, la question de l'anticipation des menaces pouvant porter atteinte à notre sécurité et à notre autonomie collective sera placée dans la perspective des limites du savoir, impliquant souvent une approche des problèmes par le sens.

par Carl TREMOUREUX*

Des limites du savoir à la construction d'un sens commun

Le savoir confère un pouvoir susceptible de conduire à l'adoption d'une attitude normative. Les limites du savoir devraient pourtant nous inciter à adopter une posture plus modeste et à préférer la construction d'un sens commun à la tentation d'imposer une prétendue vérité. Il serait néanmoins judicieux de soumettre cette construction à certaines exigences fortes, pour éviter au collectif de commettre des erreurs qu'il pourrait s'épargner.

Les limites du savoir

Selon Kant, la nature n'est accessible qu'à travers les formes *a priori* de notre conscience. Le *noumène*, la chose en soi, donnée et indépendante de notre perception, doit donc être distingué du phénomène, qui apparaît à travers ces formes. Les choses en soi sont absolument inconnaissables. Avec la méthode générale de conceptualisation relativisée de Mioara Mugur-Schächter, l'impossibilité de connaître la réalité en soi découle *déductivement d'un petit ensemble de suppositions et définitions, sans s'identifier à aucune*. Postulée ou déduite, l'impossibilité de connaître le réel en soi a des conséquences importantes. Dans cette perspective, on doit prendre acte d'une hétérogénéité, fondamentale, entre ce qui existe et la représentation que l'on s'en fait. D'un côté, la carte, résultat d'une activité psychique, de l'autre côté, le territoire. Et il convient de ne pas

prendre l'un pour l'autre. De paradigme en paradigme (mutuellement incommensurables), les révolutions scientifiques, décrites par Thomas Kuhn, permettront de produire des théories et des modèles rendant compte (d'une façon toujours plus exhaustive et cohérente) de la réalité et prévoyant avec toujours plus de justesse et de précision l'évolution des phénomènes. Pour autant, ces modèles ne diront toujours rien de la réalité en soi. Leur caractère opératoire ira en se perfectionnant, améliorant les possibilités d'action sur l'environnement (ce qui est l'objectif des armements), mais leur nature résidera à jamais dans cette utilité. Cette limite ontologique à la connaissance n'est cependant pas la seule. On peut en mentionner d'autres, de différentes natures.

En premier lieu, Popper a établi une asymétrie fondamentale entre la confirmation et la réfutation. La confirmation d'une hypothèse est impossible, car elle serait fondée sur une induction (or, l'induction pose problème, la conclusion allant au-delà des connaissances dont elle est inférée). En revanche, il est possible de prouver qu'une hypothèse est fautive. Une hypothèse n'est donc réputée vraie que tant qu'elle a montré sa robustesse aux processus de falsification qui ont été mis en œuvre. La méthode de construction d'un cadre d'interprétation (en science ou dans le domaine du renseignement) doit donc consister à imaginer le maximum d'hypothèses rendant compte des faits constatés, puis à en chercher la réfutation.

En deuxième lieu, c'est la réputation des sources d'information qui permet de pondérer la valeur et la qualité de

leurs productions. Sans la boussole d'une palette de dispositifs d'établissement des réputations, d'autant plus essentielle que le sujet est moins maîtrisé, les savoirs disponibles restent indifférenciés et peu exploitables. Or, Gloria Orrigi souligne l'imperfection et les limites des dispositifs réputationnels, à l'égard desquels nous nous trouvons dans une situation de dépendance épistémique. Cette dépendance s'accroît avec l'inflation des informations et des savoirs accessibles.

En troisième lieu, les résultats des recherches sont influencés par de nombreux préjugés. Ainsi, Mioara Murgu-Schächter plaide-t-elle en faveur d'une explicitation des croyances métaphysiques, légitimes, des chercheurs dans leurs travaux scientifiques, de façon à éviter leur immixtion subreptice dans les résultats produits.

La déconstruction du concept de traumatisme psychique, à laquelle s'est livré Richard Rechtman, a révélé la limite – ténue – entre arguments scientifiques et présupposés moraux. L'inscription du traumatisme comme trouble mental au DSM-III (1) peut être considérée comme une décision politique, prise par un groupe de médecins engagés à faire cesser la guerre du Vietnam. A partir de ce moment, le traumatisme psychique ouvre la possibilité de parler des vaincus, des dominés, et la figure du traumatisé est porteuse de sens sur l'événement, sur la situation (dont la qualification sera liée à ce que l'on dira du traumatisé). A ce stade, la connaissance scientifique peut être considérée comme instrumentalisée au profit d'une assignation dans des catégories morales, la qualification de traumatisme n'étant généralement pas utilisée lorsque la cause est jugée injuste.

Dan Sperber présente le caractère engagé de la recherche en sciences humaines et sociales, en insistant sur le fait qu'il convient d'en avoir conscience pour faire un bon usage de ses résultats, mais non d'y voir une faiblesse à corriger.

Les positions politico-économiques des chercheurs (notamment leur affiliation à des courants de pensée) apparaissant liées à leur position dans le champ des économistes, elles-mêmes liées à des facteurs sociopolitiques et culturels, Frédéric Lebaron en vient à nuancer l'idée selon laquelle l'économie serait une science complètement autonome.

La dernière catégorie de limites qui sera présentée ici est liée à nos processus cérébraux. Nassim Nicholas Taleb souligne notre propension à remanier en permanence les narrations que nous faisons du passé, chaque évocation d'un souvenir fournissant l'occasion de sa reconstruction à la lumière du présent. Le processus narratif viserait une économie de ressources cognitives, car il est plus simple de se rappeler un enchaînement narratif qu'un ensemble d'événements. Ce faisant, le cerveau surcharge de sens les séquences mises en récit, par la sélection de certains épisodes (au détriment d'autres) et l'établissement de liens explicatifs entre eux. De cette simplification de la réalité, il résulterait notamment une illusion de compréhension des événements rares, *a posteriori*. Ce mode de fonctionnement se conjugue avec un besoin de mettre en cohérence nos

perceptions et nos actions, qui peut affecter la fiabilité de leur mise en récit.

En conclusion, il convient d'avoir une approche modeste du savoir et, dans nombre de circonstances, de faire prévaloir le sens sur la vérité.

Une approche des problèmes par le sens

Les questions de la vie courante sont souvent plus complexes que les problèmes scientifiques, généralement bien circonscrits et formulés de façon rigoureuse. La réalité d'une situation sociale n'est d'ailleurs que l'ensemble des interprétations qu'en donnent les protagonistes, ce qui lui confère une forte volatilité, compte tenu du processus permanent de réinterprétation que nous avons déjà mentionné. La logique de la vérité et du savoir doit, dans ce cas, le céder devant celle du sens.

Pour éviter l'attitude arrogante de celui qui sait, il convient de proscrire le point de vue surplombant qui est celui de la raison ou de la science. Dans cet esprit, le dispositif ethno-psychiatrique conçu par Tobie Nathan déloge le patient de sa position d'infériorité vis-à-vis du thérapeute et de son cadre théorique, pour le placer en situation d'expert capable de négocier une démarche avec d'autres interlocuteurs (le psychologue, une association de réinsertion professionnelle) et de trouver une solution susceptible de s'inscrire dans chacun des mondes concernés. En revanche, il est loisible de penser que le soldat de l'armée de terre, dont le paquetage pèse entre 40 et 45 kilos (2), n'a pas vraiment été placé en situation d'expert...

Selon Isabelle Stengers et Philippe Pignarre, pour s'opposer à un pouvoir ou à une pensée dominante, il est important d'éviter de se laisser enfermer dans les problèmes tels que ceux-ci les ont définis. *Deux processus sont inséparables : celui qui crée la consistance du problème [...] et celui qui crée le « nous » de la situation problématique.*

Une approche des problèmes par le sens doit donc être fondée sur la controverse et sur la délibération. Selon Bruno Latour, *une controverse est un débat ayant en partie pour objet des connaissances scientifiques ou techniques qui ne sont pas encore assurées ou stabilisées.* Les protagonistes d'une controverse ont des points de vue et des intérêts différents. Leurs logiques sont hétérogènes, leurs savoirs et croyances disparates. La controverse peut être vue comme un affrontement selon une logique de pouvoir, dans un champ non structuré en permanente recomposition. Elle permet de faire émerger des problèmes et, parfois, de nouveaux acteurs. La *délibération* est un processus de réflexion collective visant à produire une décision dans un cadre préalablement organisé, fournissant souvent quelques principes supérieurs pouvant être mobilisés dans les argumentaires. Une délibération permet de faire émerger un cadre de référence, partagé, sur un sujet et des solutions compatibles avec les logiques et intérêts des réseaux d'acteurs qui y sont associés.

En l'absence de savoirs scientifiques assurés, il est possible d'avoir des débats de qualité au cours desquels s'affrontent des points de vue argumentés, fondés sur des rai-

sonnements rationnels. Cependant, les raisonnements individuels sont rarement totalement rationnels, un ensemble de raccourcis de raisonnement (heuristiques) dispensant de réaliser une véritable analyse de la situation. De plus, la délibération est avant tout fondée sur l'argumentation, qui cherche la persuasion, et non pas la vérité. De ces limites, il résulte que la résolution collective des problèmes par la construction d'un sens commun devrait être soumise à de fortes exigences.

Des exigences pour la construction d'un sens commun

Dans les situations complexes, deux exigences doivent être notamment posées : une utilisation judicieuse des sciences humaines et sociales (pour éclairer les décisions) et une promotion de l'esprit critique.

tation spécifique à un objet particulier, comme l'ubiquité que rendrait possible le téléphone). Il n'est cependant pas rare de la voir réduite à son utilité. Selon Philippe Mallein, la diffusion d'un nouveau produit (ou d'un nouveau service) et son acceptation par le marché dépendent plus de ses significations d'usage que de ses seules qualités. Ces significations d'usage sont exprimées par la manière dont les utilisateurs vivent (et conçoivent) l'innovation, par rapport aux techniques qui leur sont coutumières, par rapport à leurs pratiques quotidiennes, à leurs identités, professionnelle et privée, ainsi qu'à leur environnement. L'étude de ces significations permet d'atténuer l'incertitude relative à l'acceptation de l'innovation par les utilisateurs.

Offrant des outils conférant du sens aux ressentis et aux comportements, les sciences humaines et sociales ouvrent la voie à une meilleure compréhension de soi, de l'autre et de l'environnement dans lequel s'inscrivent les interactions.



© Zeppelin/SIPA

« En revanche, il est loisible de penser que le soldat de l'armée de terre, dont le paquetage pèse entre 40 et 45 kilos, n'a pas vraiment été placé en situation d'expert... » Présentation d'équipements pour les fantassins à Villepinte, en août 2009.

La première exigence résulte de ce que seule une approche par le sens peut permettre d'agir de façon pertinente. On peut en apporter une illustration dans le registre de la technique. Celle-ci relevant des modalités de l'action, il ne faut jamais omettre les motifs dans lesquels elle puise son origine. Ainsi que le rappelle Pierre Musso, elle peut être caractérisée par son utilité, sa fonction et sa fiction, chaque objet technique étant associé à un techno-imaginaire (qui peut prendre la forme d'un grand récit, comme dans le cas de la société de la connaissance, ou d'une micro-représen-

Le Livre blanc sur la Défense et la Sécurité nationale le précise : *Les zones d'opérations potentielles doivent être connues sous l'angle politique et socioculturel.* On ne reviendra donc pas sur cet aspect, mais on ajoutera qu'il est également essentiel de se comprendre soi-même. Or, dans certaines organisations le diagnostic des problèmes peut avoir été effectué, mais tout peut continuer ensuite comme avant, l'introspection institutionnelle étant dévalorisée. *A priori*, le coût de cette fonction réflexive (réflexion sur soi et sur son rapport au reste du monde) peut paraître élevé.

D'une étude (3), il ressort pourtant que le facteur principal de la réussite d'un projet complexe est la qualité de sa phase amont, celle de la conceptualisation stratégique, ce qui nécessite d'y consacrer jusqu'au tiers du coût total de l'opération, pour les projets de la plus grande envergure : un projet est avant tout une construction sociale, qui, bien faite, mène à une construction technique viable et crée un cadre institutionnel enrichissant pour les projets suivants.

La seconde exigence est une promotion de l'esprit critique. On l'a noté précédemment : si la construction de décisions qui font sens pour ceux qu'elles impliquent, doit reposer, à tous les échelons, sur la controverse et la délibération, les risques de biais (intentionnels ou non) sont nombreux. Le développement d'un esprit critique affûté en est donc la condition nécessaire. Du constat de Jacques Bouveresse que *« l'on sait rarement avec certitude ce qu'il faut faire exactement, mais que l'on peut, au moins, dans un bon nombre de cas, avoir les idées claires sur ce qu'il ne faut pas faire »*, on peut inférer la nécessité, pour les institutions, de ménager des lieux de pensée alternative.

S'il est un domaine dans lequel les politiques publiques doivent avoir un sens particulièrement clair, mais où les limites du savoir sont fortes et problématiques, c'est bien celui qui concerne les menaces pouvant porter atteinte à notre sécurité et à notre autonomie collectives.

Les menaces pour notre sécurité et notre autonomie collectives

Après avoir présenté quelques éléments du contexte, on en viendra à l'activité de préparation du futur, en mettant l'accent sur le retour d'expérience, la prospective et la fonction d'alerte.

Le contexte requiert un budget de précaution suffisant

Si des conflits nécessitant un usage de la force d'intensité élevée sont possibles, un conflit majeur semble improbable. Comme l'explique Jacques Lévy, la guerre, à son apogée, était portée par une croyance en ce que le contrôle des stocks résultant de l'action guerrière pouvait procurer des bénéfices supérieurs au retour sur un investissement équivalent, effectué en faveur du développement. Ce calcul s'est révélé erroné et, fondamentalement, c'est la croyance en la rationalité de la guerre qui a disparu. Certains États continuent à croire aux vertus de l'action militaire, mais ils se situent en périphérie. Jean-Pierre Rabault inscrit cette même idée dans une perspective historique, en se référant notamment au monde méditerranéen de l'Antiquité et à la disparition des guerres civiles en France, à partir du 17^e siècle : *« De façon générale, après l'effondrement de l'Union Soviétique, on assiste aujourd'hui à un élargissement des espaces de paix. A plusieurs reprises au cours de l'histoire, des processus de pacification ont amené, pendant de longues périodes à l'intérieur d'un espace géographiquement circonscrit, une cessation des confrontations d'ampleur, sans toutefois bien évidemment entraîner une disparition de la*

violence interhumaine au sein même des sociétés pacifiées ». Il ajoute qu'un retour à des conflits armés de grande ampleur, présupposant une cristallisation idéologique autour d'idées belliqueuses et une évolution de la perception par les différents acteurs des risques et des gains escomptables, ne devrait pas survenir de façon soudaine, ce qui réduit la consistance pouvant être donnée, à un horizon de court terme, au concept, parfois évoqué, de « surprise stratégique ».

S'il convient d'être réservé sur le long terme, dans l'intervalle, on peut faire l'hypothèse d'une conflictualité plus variée. Il reste donc nécessaire de développer des instruments de maîtrise des espaces de puissance (définition ouverte de la notion d'armement). Toutefois, pour ne pas « préparer la guerre d'hier », il convient de faire preuve d'une certaine audace dans l'imagination des futurs possibles.

Les événements résultant d'une intention malveillante et susceptibles de porter atteinte à la sécurité collective sont singuliers et discrets. L'hypothèse de leur survenue relève donc de la croyance, même si leur vraisemblance peut être étayée par un raisonnement solidement argumenté. On peut en inférer une conséquence importante : si un risque est probabilisable et ses conséquences évaluables, il est possible de partir de là pour fixer rationnellement le montant à investir dans une politique de prévention ; il existe un retour sur investissement pouvant être évalué *a priori* et mesuré *a posteriori* – cela répond à une logique d'investissement classique. Ainsi, pour une mission de surveillance de frontières, la comparaison de différentes combinaisons des facteurs de production peut conduire à investir, afin de substituer, progressivement, des drones à des ressources humaines et des plates-formes pilotées. Dans le cas d'une menace sur la sécurité collective (qui relève d'une démarche de précaution) (4), la logique est inverse : on doit définir *a priori* le montant que l'on est prêt à investir à ce titre, puis s'efforcer de rationaliser cette dépense. Comme on se trouve dans le registre de la croyance, aussi étayés que puissent être les arguments la fondant, la logique d'investissement est alors plus proche de celle du capital-risque : une bonne partie du portefeuille de ces croyances se révélera infondée (il ne faut pas oublier que la préparation de l'outil de défense est très longue), le retour sera très élevé, pour les quelques croyances devant finalement s'avérer. Dans le domaine de la défense, certaines activités relèvent de la prévention ; il en va ainsi de la surveillance de l'espace aérien et des approches maritimes en temps de paix, des opérations de maintien de la paix (au moins en matière de transport et de soutien logistique). Dans ce cas, l'investissement vise l'adaptation des méthodes, pour tenir compte du retour d'expérience et des évolutions du contexte. En revanche, la préparation de la guerre de demain relève de la précaution. La contre-prolifération active, dont l'importance est soulignée dans le Livre blanc sur la Défense et la Sécurité nationale (5), en constitue un exemple. Une partie non négligeable du budget d'investissement de défense doit être dédiée à cette catégorie de dépenses.

Même si un budget conséquent y est alloué, la préparation du futur n'a cependant rien d'une activité triviale.

La préparation du futur dans le domaine de la défense et de l'armement

Trois volets de cette fonction seront abordés ici : le retour d'expérience, la prospective et l'alerte.

Le retour d'expérience permet de refermer la boucle du savoir

Permettant d'ancrer les réflexions dans la factualité, le retour d'expérience ouvre la voie à l'apprentissage et à l'adaptation organisationnels. Une étude de prospective technico-opérationnelle sur le retour d'expérience (le retex), copilotée par la DGA (Délégation générale pour l'armement) et l'EMA (Etat-major des armées), précise qu'il s'agit de capitaliser l'expérience acquise et de la synthétiser sous la forme de différents produits adaptés à la variété des fonctions clientes et de leurs multiples usages, de façon à en tirer profit. Logiquement, le retour d'expérience est une activité à laquelle les armées accordent une grande importance. A titre d'illustration, le Centre de doctrine d'emploi des forces de l'armée de terre comporte une division « Recherche et retour d'expérience », chargée de tirer les enseignements des opérations (et des exercices) des forces terrestres françaises et des armées étrangères dans les domaines de la doctrine, des équipements et de la formation.

Parce que tout conflit est minutieusement observé et analysé par de nombreux acteurs aux motivations et aux capacités très variées, un rapport du *Defense Science Board* préconisait de consacrer un effort important à comprendre les leçons que les autres acteurs ont pu tirer des opérations militaires américaines récentes. Cette approche exige une capacité de décentrage et c'est pourquoi elle a été suggérée dans un rapport relatif aux groupes chargés d'aiguillonner les structures officielles (les *red teams*). En tout état de



© Gilles Rolle/REA

« Ainsi, pour une mission de surveillance de frontières, la comparaison de différentes combinaisons des facteurs de production peut conduire à investir, afin de substituer, progressivement, des drones à des ressources humaines et des plateformes pilotées ». Station de contrôle avec écran présentant les images de la zone survolée par un drone tactique, salon international de la défense Eurosatory 2008.

cause, cette approche permet d'établir un lien entre le passé (le retex) et le futur (les conflits à venir).

Le rapport du CGARM sur « les systèmes de traitement sémantiques pour l'alerte » présente les usages qui pourraient être faits des technologies de traitement de la langue et du sens, en matière de retour d'expérience. Il en décrit également certaines utilisations pour la prospective.

L'art de se tromper avec clairvoyance, la prospective requiert des méthodes

Le futur divergera inexorablement de ce que l'on aura pu en imaginer. La prospective vise cependant à éviter de prendre des décisions avec des idées déjà périmées. L'enjeu consiste à savoir discerner ce qui est déjà là en germe, avec la plus grande sagacité possible, pour définir des stra-

tégies raisonnables dont la robustesse puisse être confrontée à différents scénarios de rupture (6).

Un rapport du CGARM (Conseil général de l'armement) analyse les conditions dans lesquelles un processus prospectif peut déboucher sur une mise en synergie des stratégies des acteurs concernés. Impliquant un grand nombre de personnes d'horizons divers, de tels travaux ne peuvent cependant pas être réellement innovants. Outre les biais, résultant de ce que chaque acteur y négocie à la fois ses rôles actuel (dans les jeux de pouvoirs constitutifs des transactions quotidiennes) et futur, la nécessité de construire une vision consensuelle empêche toute réelle créativité. Par contre, c'est bien sur ces acteurs que la société peut compter pour construire les solutions aux problèmes à venir. La voie consistant à leur demander de réfléchir aux moyens de résoudre des problèmes innovants

et bien structurés produits par ailleurs semble donc un bon compromis. Il ne sera question ici que des processus permettant de penser les menaces futures.

Un potentiel prospectif intrinsèque à l'organisation

Tandis que la science recherche l'objectivité dans la compréhension d'un phénomène, l'action relève du sens commun, biaisé par les intérêts, les désirs et les sentiments. Dans les sciences humaines, la question de la juste distance qui doit être celle du chercheur par rapport à son objet a reçu une réponse méthodique, au travers de la pratique de l'observation participante (7). Par analogie, on peut définir une juste distance organisationnelle entre l'institution et son terrain d'opération, pour permettre la compréhension des phénomènes qui s'y déroulent et identifier les approches permettant des interventions pertinentes.

A cet égard, la mobilité fonctionnelle des personnes revêt un caractère essentiel : leur carrière doit leur permettre d'occuper, en alternance, des postes opérationnels, pour y acquérir des connaissances (8), mais aussi des postes de réflexion, pour formaliser ces connaissances et développer de nouveaux savoirs (9), ainsi que des postes d'observation avec pour mission une remontée des informations du terrain (les ambassades, par exemple) ou la capitalisation de ces informations (services de retours d'expérience). Cette mobilité débouche sur un potentiel prospectif inscrit dans l'organisation.

Prospective : la question des méthodes

Au sein du ministère de la Défense, la DAS (Délégation aux affaires stratégiques), l'EMA, la DGA et le CICDE (Centre interarmées de concepts de doctrine et d'expérimentation) réalisent des travaux de prospective (entre autres : le « Rapport de prospective géostratégique à l'horizon des trente prochaines années », en ce qui concerne la DAS, et le Plan prospectif à trente ans, pour ce qui est de la DGA). Compte tenu de leur expérience, ces organismes sont conscients de l'importance des méthodes et réfléchissent à leur perfectionnement.

La DGA, dans le cadre de son activité de prospective exploratoire, a récemment initié un exercice de pensée alternative (dit *Team B*). La démarche, conçue par Xavier Truel, consiste à mettre la robustesse du dispositif de défense à l'épreuve de scénarios très exigeants, la finalité étant de faire émerger des problèmes.

A la DGA également, Michel Borel cherche avant tout à doter les décideurs d'outils permettant de guider leurs propres analyses. Lorsqu'un problème est mis à l'ordre du jour, la démarche consiste à en identifier les questions clés. Une fois qu'il a été posé, c'est-à-dire structuré, voire modélisé, il en résulte un socle, sur lequel pourra être construite une réponse adaptée aux circonstances, aux hypothèses et aux contraintes s'imposant à l'heure de la décision. Le cadre conceptuel servant à guider la réflexion vers la décision est indépendant du temps, contrairement aux solutions sur lesquelles il peut déboucher. A titre d'illustration, l'étude sur le « commandement futur », pilotée dans cet esprit, aborde le problème en partant du constat que l'action globale prenant en compte tous les champs et leurs interactions est

une action complexe s'exerçant sur un champ lui-même complexe. En poussant la logique, il s'est dégagé une vision fonctionnelle du commandement, articulée autour de trois niveaux de responsabilité : le management des objectifs (élaboration d'un cadre de référence), celui des effets (identification et combinaison des effets-clés) et celui des actions (production des effets-clés). En s'appuyant sur ces fondements, sont ensuite définis de grands principes de commandement et formulées des propositions pratiques.

Soumise à l'impératif paradoxal de « penser l'impossible », la DAS cherche à se doter de méthodes souples et pragmatiques pour stimuler sa créativité institutionnelle. Elle a donc commandé au Centre d'analyse de défense une étude visant à mettre au point une méthode d'élaboration de scénarios innovants, susceptible d'être assimilée rapidement par de nouvelles personnes. Les résultats de cette étude seront exploités dans des travaux à venir.

Dans la logique des systèmes de systèmes, il importe de faire évoluer les capacités de façon permanente et incrémentale pour les adapter aux changements affectant les menaces, les missions et les technologies. Une capacité repose sur un ensemble de piliers (la doctrine, l'organisation, les ressources humaines, l'entraînement, les équipements et le soutien), dont la cohérence doit être recherchée. Les ressources permettant d'organiser cette cohérence sont les études et le laboratoire technico-opérationnel (LTO). Une des composantes dudit LTO est un laboratoire de créativité en groupe, qui a notamment pour objectif de favoriser la production de nouveaux concepts de systèmes. La DGA étudie actuellement l'opportunité et les possibilités concrètes d'associer à certains de ses travaux des personnes reconnues pour leur créativité dans d'autres secteurs.

Une capacité sociotechnique d'alerte, dont toutes les composantes peuvent demeurer cohérentes dans leurs concepts, leurs organisations et leurs modes opératoires au fil de l'évolution des technologies et des outils, est un système de systèmes dont la conception justifie une démarche structurée.

La fonction alerte et les capacités d'alerte

L'alerte ne doit pas être confondue avec le moment de sa diffusion : il ne s'agit pas d'un acte, mais d'un processus dont le cycle est constitué de l'anticipation, de la détection du problème, de l'évaluation du problème, du suivi de la situation et de la diffusion de l'alerte (10). Une menace résultant de la conjugaison d'une capacité et de l'intention de la mettre en œuvre sur un point de vulnérabilité, l'alerte doit porter sur ces trois composantes. Dans un rapport du CGARM, l'alerte a été décomposée en trois types d'activités permanentes, parallèles et interconnectées, auxquelles correspondent des méthodes et des outils nécessairement différents.

Le premier type d'activités est celui de l'alerte précoce (qui porte sur les tendances). Les modes de travail adéquats sont ceux qui permettent la production des problèmes, en particulier les controverses. Parmi les outils utilisables, deux catégories méritent une mention particulière : les outils de traitement sémantique pour l'analyse des controverses

(existants mais encore balbutiants) et les outils informatiques du travail collaboratif.

Le deuxième type d'activités est celui de l'incubation d'alerte. Son mode de travail, caractéristique, est celui de la délibération entre experts. Parmi les outils appropriés figurent ceux qui permettent un travail coopératif.

Le troisième type d'activités est l'alerte rapide (qui concerne les événements). La méthode en est l'analyse, tâche essentiellement individuelle. Les outils relèvent de la veille et de la gestion des connaissances, et ils peuvent comporter des fonctions avancées comme la traçabilité des informations (pour éviter que leur réverbération ne soit confondue avec leur recoupement), leur cotation automatique (11) ou la détection de la désinformation.

Dans le cadre du projet Hérisson, la DGA développe une architecture d'accueil permettant d'évaluer des briques fonctionnelles et de les combiner entre elles, pour créer une variété de chaînes de traitement spécifiques.

Conclusion

L'incertain est irréductible. Pour autant, tout n'est pas possible. Instrument de la prédiction et, à ce titre, engagé dans une rivalité sans fin avec l'incertitude, le savoir n'apporte jamais qu'une lueur sur le chemin : sans cesse trompés par notre esprit et sans espoir d'atteindre la réalité en soi, nous ne pouvons aspirer à la vérité qu'en nous éloignant de ce qui est faux. La nécessité d'agir, non seulement pour s'adapter à un environnement en perpétuelle évolution, mais aussi pour faire aboutir des projets individuels et collectifs, nécessite cependant des cartes mentales. Très hétérogènes, celles-ci agrègent savoirs issus de l'observation directe et savoirs médiatisés (allant proportionnellement croissant), savoirs (théoriques) et connaissances (résultant de l'expérience), savoirs divers et opinions variées. Jamais d'une cohérence absolue, cet ensemble est émotionnellement coloré (ce qui est une condition nécessaire de la décision et de l'action) et plus ou moins opératoire, en fonction des circonstances.

L'enjeu est donc double. Premièrement, il s'agit d'améliorer les outils intellectuels utilisés pour guider l'action. Cela doit être la première étape dans l'organisation d'un *continuum* allant de la production des savoirs les plus fondamentaux au développement de politiques fondées sur l'état des savoirs, puis à l'évaluation de ces politiques. Deuxièmement, le savoir permettant à certains de se constituer des territoires symboliques, il importe d'avoir la sagesse parfois d'en douter, d'avoir conscience de ses limites, d'en éviter les applications dogmatiques et de ne pas se prévaloir d'une prétendue vérité, alors qu'il s'agit de construire un sens commun. Le risque d'hégémonie d'un certain savoir peut être limité par la mise en place d'organismes de pensée alternative.

Dans le domaine militaire, l'épreuve débute dès le stade de la préparation. C'est pourquoi, les acteurs de la défense s'intéressent aux méthodes permettant d'améliorer l'anti-

ipation, qui va du court et moyen termes, grâce à la planification, au long et très long termes par le biais de la programmation. Les principaux défis à relever sont celui de la connaissance de soi et des autres et celui du sens à donner tant à nos interventions, pour en assurer la légitimité, qu'à nos équipements, pour qu'ils soient en correspondance avec notre vision des opérations (le « nous » hétérogène dont il s'agit allant du soldat au politique, en passant par le citoyen).

Notes

* Conseil général de l'armement.

Adjoint au Président de la Section des études générales.

(1) *Diagnostic and Statistical Manual* – Révision 3.

(2) A lui seul, le gilet pare-balles – initialement prévu pour équiper seulement les sentinelles – pèse 14 kilos.

(3) Dans le cadre du programme de recherche *International program on the management of engineering and construction* (pilote par Roger Miller), 60 grands projets d'ingénierie de divers secteurs et pays ont été analysés.

(4) La précaution, qui se distingue de la prévention, suppose l'existence d'une incertitude sur l'occurrence du risque ou/et sur l'évaluation de ses conséquences.

(5) Selon ce document, pour ce qui concerne la lutte contre la prolifération, l'accent sera mis sur les moyens de détruire, en sécurité, des installations biologiques, chimiques et nucléaires illégales, ainsi que sur les moyens de défense et de protection, notamment biologiques.

(6) Par exemple, dans le cadre d'une démarche des minimax-regrets, qui consiste à choisir parmi un ensemble de stratégies possibles celle qui minimise les regrets pour l'ensemble des états possibles du monde répertoriés, sans chercher à « probabiliser » ces états alternatifs.

(7) Perturbant le comportement de l'objet analysé, l'observation peut gagner à une certaine participation du chercheur à l'activité étudiée. Cette participation peut être une condition *sine qua non* de l'observation (cf. *Les mots, la mort, les sorts*, de Jeanne Favret-Saada) ; plus souvent, elle est une condition de la compréhension du phénomène étudié. Mais l'implication dans une situation va de pair avec l'impossibilité d'y porter un regard objectif ; le chercheur doit donc se tenir en permanence sur le fil du rasoir.

(8) La connaissance est de nature expérientielle : produite dans l'action, elle est située et non codifiée ; elle délivre des clefs pour l'exercice d'une influence sur une situation. Acquis sur le mode de l'intériorité, sa transmission suppose une initiation.

(9) Visant à rendre compte des faits, un savoir est de nature théorique ; il ouvre sur la compréhension d'une situation, est acquis sur le mode de l'extériorité et est transmissible sous une forme codifiée. La distinction entre savoir et connaissance a été faite par Jean Erceau, dans une étude du CGARM intitulée « Cognition et facteurs humains : techniques d'entraînement et de modélisation innovantes pour la défense et la sécurité ».

(10) En contrepoint de cette séquence, on peut ajouter une sixième étape concernant le débat public, parfois nécessaire, compte tenu du fait que sur certains sujets, les enjeux de société peuvent se révéler d'une grande importance.

(11) A cet égard, on peut mentionner les travaux en cours, dans le cadre du projet Cahors, cofinancé par l'ANR, pour mettre au point des méthodes avancées et des outils de cotation automatique de l'information.

Les risques chimiques et leur gestion

Le rôle essentiel de la chimie est la découverte et l'invention de nouvelles substances utiles à la société et fondamentales pour l'amélioration des conditions de vie de l'Humanité. Cette discipline, en dépit de son caractère incontournable, est considérée comme une science à risque(s), responsable de nombreuses nuisances. L'utilisation de substances « chimiques » oblige à une évaluation de ces risques dès le début de la conception d'un nouveau produit ou dès la mise en œuvre d'une nouvelle application.

Les notions de danger et de risque sont souvent mal différenciées. Pour simplifier, nous pouvons dire que :

- **le danger d'une substance est l'effet négatif qu'elle est susceptible de produire (explosion, pollution...) ;**
- **le risque est la probabilité d'être exposé à ce danger.**

par Armand LATTES*

Bien que les risques chimiques semblent être ceux qui inquiètent le plus nos concitoyens, ils ne constituent pas l'un des problèmes actuels les plus préoccupants. Une enquête réalisée sur ce thème en 2004 par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) a montré que 1,4 % seulement des personnes sondées considéraient ces risques comme les plus préoccupants, loin derrière le chômage (22 %), l'insécurité (18 %) et le terrorisme (7,1 %). Mais pour cette même population, les installations chimiques sont en tête de celles qui sont les plus susceptibles de provoquer un accident grave, voire une catastrophe.

Risques chimiques naturels et malveillance intentionnelle

Toute substance pouvant être qualifiée de « chimique », l'on doit s'intéresser non seulement aux risques industriels, mais aussi à ceux que la nature – elle-même « chimique » – peut faire courir aux individus et à l'environnement.

Ainsi, l'éruption du volcan Pinatubo, en 1991, aux Philippines, s'est traduite par l'émission dans l'atmosphère de différents gaz toxiques, tandis que son explosion a projeté à 20 km d'altitude des particules qui ont contribué à attaquer la couche d'ozone, dont 20 % ont disparu, à la verticale de ce volcan.

En ce qui concerne les gaz à effet de serre, il ne faut pas oublier que les 6 milliards (et plus) d'êtres humains vivant sur la Terre respirent, et donc expirent du gaz carbonique, tandis que les ruminants émettent du méthane, qui est un gaz beaucoup plus néfaste que le gaz carbonique. Ce gaz, le méthane, représente en effet une menace permanente pour notre environnement, car, étant piégé sous forme d'hydrates dans certains sols gelés en permanence (permafrost), un réchauffement climatique trop important se traduirait par

sa libération en grande quantité dans l'atmosphère (or, il contribue puissamment à l'effet de serre).

Une autre cause d'inquiétude est l'émergence d'un terrorisme chimique : la fabrication d'une bombe artisanale ou la synthèse d'un toxique chimique est à la portée d'un chimiste débutant.

Il est intéressant de citer, à cet égard, une conséquence de l'attentat du 11 septembre 2001 contre les tours du World Trade Center : l'effondrement des tours a provoqué l'émission d'un million de tonnes de poussières dans l'atmosphère au-dessus du quartier de Manhattan, soit l'équivalent de ce que rejettent en un an dix-mille incinérateurs d'ordures ménagères moyens (heureusement, sans conséquence immédiate).

Risques industriels accidentels et/ou chroniques

Le premier événement accidentel de grande ampleur survenu en France date de 1794, année où la poudrière de Grenelle, à Paris, a explosé, provoquant la mort d'un millier de personnes. Depuis, parmi les catastrophes importantes survenues dans le monde, on peut citer :

- ✓ l'explosion de l'usine chimique d'Oppau, en Allemagne. Le 21 septembre 1921, un stock de nitrate et de sulfate d'ammonium a explosé : la ville a été entièrement détruite, 561 morts et près de 2 000 blessés ayant été dénombrés ;
- ✓ le poison de Seveso : le 10 juillet 1976, à la suite d'une erreur de manipulation, une grande quantité de dioxine a été rejetée dans l'atmosphère à Seveso, dans la banlieue milanaise, provoquant réactions cutanées et autres troubles chez les riverains, sans cependant que l'on ait eu à déplorer de décès.

Impressionnée par cet événement, la communauté européenne a renforcé la législation en matière de prévention d'incidents majeurs potentiels en adoptant, en 1982, une première directive européenne, dite Seveso I, qui allait être renforcée, en 1996, par une seconde directive, dite Seveso II. (Au 10 Octobre 2001, on dénombrait 1 239 établissements classés « Seveso II », une partie d'entre eux appartenant à d'autres branches que la chimie) ;

- ✓ le dégagement de vapeurs d'un liquide toxique, l'isocyanate de méthyle, à Bhopal, en Inde, le 3 décembre 1984. Là encore, en raison de la mauvaise formation du personnel, un incident survenu lors de la fabrication d'un insecticide s'est transformé en un drame épouvantable : le plus grave accident d'origine chimique jamais survenu en milieu industriel ! De 2 500 à 5 000 personnes y ont perdu la vie et plusieurs centaines de milliers d'autres ont été intoxiquées plus ou moins gravement (les chiffres sont restés très imprécis). La société Union Carbide, responsable de l'usine, a été amenée, par la suite, à mettre en place dans cette usine une nouvelle méthode de fabrication de l'insecticide en question, dans laquelle l'isocyanate de méthyle est consommé au fur et à mesure de son obtention, ce qui évite d'avoir à le stocker ;
- ✓ l'incendie de l'usine d'engrais Sandoz, le 1^{er} novembre 1986, près de Bâle (en Suisse). Cette usine a été entièrement ravagée par un incendie : les produits chimiques entraînés par l'eau répandue par les pompiers ont été dispersés dans le Rhin, provoquant une très forte pollution tout le long de l'aval de ce fleuve (de façon spectaculaire, la nature a rapidement effacé les traces de cet accident, réhabilitant le milieu aquatique dix fois plus vite que ce qui était redouté) ;
- ✓ l'explosion de l'usine AZF à Toulouse, le 21 septembre 2001 (quatre-vingts ans, jour pour jour, après la catastrophe d'Oppau), causée par un stock de nitrate d'ammonium, a conduit à la plus grave catastrophe industrielle en France depuis la Première guerre mondiale, faisant 30 morts, 10 000 blessés, détruisant 500 logements et en endommageant 27 000.

Ces exemples de risques industriels accidentels frappent beaucoup l'imagination du public, mais aussi importants (sinon plus) sont les risques industriels chroniques, plus ou moins insidieux, qui conduisent à des situations de crise pouvant durer plusieurs années.

Il en est ainsi des exemples suivants :

- ✓ les intoxications de Minamata, petite ville du Japon, où l'usine Chisso rejetait du mercure dans la baie (27 tonnes de composés mercuriels, en 30 ans). Dans les années 1950, un tiers des enfants de cette localité sont nés avec un retard mental, tandis que d'autres, sont morts en grand nombre avant d'avoir atteint l'âge de 4 ans ;
- ✓ le trou dans la couche d'ozone, dont sont responsables les chlorofluorocarbures, des gaz utilisés dans les réfrigérateurs et les conditionneurs d'air, ainsi que comme gaz propulseur dans les bombes insecticides, cosmétiques, etc. De quarante à cinquante ans seront nécessaires pour revenir au taux d'ozone initial dans cette couche supérieure de notre atmosphère ;

- ✓ les pluies acides, dont sont responsables les émissions de composés soufrés (provenant des centrales thermiques utilisant le charbon comme combustible) et de composés azotés (dus essentiellement aux gaz d'échappement des voitures et des camions) ;

- ✓ le réchauffement climatique et les gaz à effet de serre. La température moyenne sur notre planète a augmenté depuis le début de l'ère industrielle (vers 1880). Cet effet s'accélère en raison de la forte industrialisation, de l'utilisation de moyens de transport polluants et d'une demande énergétique globalement croissante (en particulier pour l'habitat).

L'industrie chimique, injustement accusée, ne contribue que pour une faible part à l'émission de ces gaz. L'Union des Industries Chimiques a chiffré cette contribution, à la fin du siècle dernier, à 2,1 % des oxydes d'azote, 4,5 % du CO₂, 2,4 % des composés organiques volatils et 9,5 % du dioxyde de soufre.

A titre d'exemple de risque chronique extrême, l'on peut citer Norilsk, en Sibérie, une ville de plus de 150 000 habitants, la plus septentrionale au monde. Son combinat métallurgique provoque une pollution dramatique : on ne peut plus planter d'arbres, les vaches ont toutes disparu, les ouvriers travaillent dans de véritables chambres à gaz, et l'on relève 13 visites médicales par habitant et par an.

Les risques chimiques chroniques s'expriment donc, en général, par des rejets atmosphériques de gaz et de produits toxiques, par la contamination des cours d'eau, de la nappe phréatique, des sols, et parfois, même, de la chaîne alimentaire.

Ces risques sont imputables à plusieurs produits : aux particules fines et ultrafines (nanoparticules), dont la responsabilité incombe surtout aux transports, aux métaux lourds (notamment le mercure et le plomb) et aux pesticides.

Les toxiques chimiques les plus dangereux sont à l'origine de trois types de risque : cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (perturbateurs endocriniens). L'absence de données quantitatives sur la plupart des substances chimiques a conduit à plusieurs initiatives, qui, toutes, visent une meilleure gestion des risques.

Analyse des responsabilités

L'énumération précédente permet de mettre en évidence quelques-unes des causes responsables de ces accidents. Parmi celles-ci, on peut citer :

- ✓ le manque de connaissances, qui peut caractériser la catastrophe d'Oppau (le nitrate d'ammonium, est à la fois un engrais et un explosif), ainsi que la formation du trou dans la couche d'ozone (dû pour une large part aux chlorofluorocarbures) ;
- ✓ la volonté de produire quel qu'en soit le prix, avec l'exemple de Norilsk ;
- ✓ l'irresponsabilité, comme lors du relargage dans le Rhin des eaux utilisées par les pompiers, enrichies (!) des produits toxiques de Sandoz ;

- ✓ les erreurs de manipulation, responsables de la dispersion de substances toxiques dans l'atmosphère, à Seveso ;
- ✓ le manque de formation, qui explique (en partie) la catastrophe de Bhopal ;
- ✓ la combinaison de plusieurs de ces facteurs, dans le cas de Minamata, au Japon.

Retours d'expériences

Une gestion plus stricte aurait dû permettre, dans plusieurs de ces exemples, d'éviter le pire. L'on peut également penser que les enseignements tirés de ces catastrophes ont pu servir de leçon : ce n'est malheureusement pas toujours le cas ! Ainsi les événements d'AZF n'ont pas bénéficié des précédents d'Oppau, ni d'autres plus récents (accident à Brest en 1947, par exemple).

Le jugement rendu, le 19 novembre 2009, par le tribunal correctionnel de Toulouse montre les difficultés qui se présentent quand plusieurs facteurs interviennent :

- ✓ une enquête incomplète, suite à une prise de position prématurée du procureur ;
- ✓ un manque de preuves quant à la nature exacte de l'événement ;
- ✓ des pressions des médias, à la recherche du sensationnel ;
- ✓ des problèmes d'intérêt et d'assurances.

La gestion des risques

La place privilégiée de l'industrie chimique au sein du monde industriel dans son ensemble lui vaut d'être la cible de l'opinion publique, qui l'accuse d'avoir, de par ses activités, des effets néfastes sur la santé des humains et sur l'environnement. Conscients de ces critiques, les gouvernements, groupements, associations, etc. ont réagi et, ce, à deux niveaux :

- ✓ par la publication de textes faisant office de lois, ou de déclarations d'intention ;
- ✓ par des propositions de solutions techniques accompagnées de règles de conduite scientifiques.

Nous nous bornerons ici à examiner chronologiquement l'évolution des positions administratives, en réservant pour plus tard l'examen des solutions techniques.

C'est aux Etats-Unis, en 1976, sous la présidence de Gerald Ford, qu'une loi a été promulguée : le *Toxic Substances Control Act* (TSCA), qui est resté inchangé depuis plus de trente ans. Le TSCA a pour objectif d'évaluer les effets sur la santé et l'environnement des composés nouveaux avant leur entrée sur le marché américain.

C'est l'*Environmental Protection Agency* (EPA) qui est chargée d'effectuer les contrôles nécessaires à l'application de la loi, laquelle lui reconnaît aussi le droit de demander aux producteurs d'effectuer les tests de toxicité nécessaires pour toute substance déjà sur le marché. Son autorité s'étend également au contrôle des produits à risque, que l'Agence a le droit d'interdire.

En 1976, 63 000 produits figuraient à l'inventaire du TSCA. Depuis cette date, tous les nouveaux produits (soit

environ 25 000) ont été évalués par l'EPA avant d'être inscrits à l'inventaire : sur un total de 88 000 produits, 10 % seulement (soit environ 8 300 substances) sont commercialisés en quantités significatives.

Pendant la dernière décennie, l'EPA s'est appuyée sur l'industrie chimique pour obtenir de celle-ci, sur la base de déclarations volontaires, les informations qui lui manquaient en ce qui concerne certaines substances produites en grandes quantités. En 1998, l'EPA, secondée par un groupe d'avocats de l'environnement (*Environmental Defense Fund*) et par un syndicat professionnel, l'*American Chemical Council* (ACC), ont œuvré afin que soient réalisés et publiés les tests de toxicité de plus de 2 500 composés organiques préparés ou importés en quantité supérieure à 500 tonnes par an. En réponse à ce programme, appelé *High Production Volume (HPV) Challenge Program*, 2 000 producteurs se sont engagés à fournir les informations. En 2008, soit trois ans après la clôture de ce programme, des résultats définitifs ont été rapportés pour un peu plus de la moitié des produits, tandis que 25 % ne faisaient l'objet que de résultats incomplets. Pour les produits restants, les producteurs n'ont pas répondu, en dépit de leurs engagements.

Un programme ambitieux a été confié à l'EPA par l'Administration Bush en 2007 : à l'horizon 2012, estimer les risques de plus de 9 000 produits chimiques dont les volumes commercialisés atteignent au minimum les 12 tonnes par an.

Plus de trente ans s'étant écoulés, les critiques concernant l'application du TSCA se résument en trois points :

- ✓ manque d'informations sur les produits déjà dans le commerce, souvent pour de prétendues raisons de confidentialité ;
- ✓ difficultés liées à la gestion du risque produit par produit, dont l'estimation est lente et pesante ;
- ✓ traitement inégal des produits nouveaux et des produits existants alors que les produits déjà commercialisés avant 1979 représentent 99 % (en volume) des produits vendus aujourd'hui.

Abandonnons un instant les Etats-Unis, pour nous intéresser à une initiative d'envergure dont le point de départ se situe au Canada. En 1985, la Fédération Canadienne de l'Industrie Chimique a lancé l'opération « *Responsible Care* » (R.C.), qui consistait à demander aux industries chimiques :

- ✓ d'améliorer leurs performances dans les domaines de la santé, de la sécurité et de l'environnement ;
- ✓ de respecter une transparence totale sur leurs activités et résultats dans ces domaines ;
- ✓ de coopérer avec toutes les parties prenantes (gouvernements, pouvoirs locaux, associations, etc.).

Les Etats-Unis, puis l'Europe, ont adopté cette ligne de conduite. En 1990, la France, à l'initiative de l'Union des Industries Chimiques (UIC), s'est associée à cette demande retenue par 52 pays dans le monde, dont le nom traduit en français est « Engagement de Progrès ». Après plus de quinze ans de fonctionnement, la nécessité d'harmoniser le R.C. à l'échelle mondiale et de lui donner une meilleure cohérence s'est imposée à ses signataires, ainsi

d'ailleurs que le devoir de s'engager davantage sur les plans social et environnemental. De même, il devenait nécessaire d'améliorer la transparence, grâce à une meilleure communication. Le 5 février 2006, à Dubaï (Emirats Arabes Unis), durant la 9^e session extraordinaire du conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUÉ), le Conseil International des Fédérations de l'Industrie Chimique (ICCA) a établi la charte mondiale du R.C. Cette charte permet de répondre d'une même voix aux attentes sociétales dans le monde entier, en cohérence avec les principes environnementaux prescrits par le Pacte mondial de l'ONU. Le 16 novembre 2006, l'UIC a apporté son soutien à cette charte. Les Présidents ou les Directeurs généraux des sociétés multinationales établies en France se sont engagés, par une déclaration de soutien, à avancer sur la voie du développement durable, à poursuivre l'amélioration des performances dans les domaines de l'environnement, de la sécurité et de la santé, à soutenir et faciliter l'extension adaptée du R.C. au long de la chaîne de valeur, à répondre aux attentes et aux interrogations des parties prenantes. Parmi les réalisations du R.C, retenons le développement du *Product Stewardship*, c'est-à-dire de la gestion des produits tout au long de leur cycle de vie, en cohérence avec le règlement européen REACH.

Rappelons les principes et objectifs du règlement REACH, un acronyme signifiant *Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals*. Adopté le 18 décembre 2006 par le Conseil européen après cinq ans de débat, ce règlement remplace quarante textes législatifs en vigueur : un des premiers mérites qu'il faut lui reconnaître, est celui d'apporter davantage de concision et de simplicité que les textes en vigueur précédemment. Il vise à l'identification des produits chimiques et, pour les plus dangereux d'entre eux, à leur élimination progressive. Sa grande innovation réside dans le fait que c'est aux producteurs, et non aux autorités publiques, qu'il incombe de prouver que les risques liés aux substances répertoriées sont valablement maîtrisés. REACH impose aussi à tous les producteurs et importateurs d'obtenir et de fournir les informations sur les substances mises sur le marché européen en des quantités excédant une tonne par an, ce qui représente environ 30 000 substances. Applicable dans tous les pays de l'Union européenne depuis le 1^{er} juin 2007, un pré-enregistrement des substances chimiques concernées a été réalisé entre le 1^{er} juin 2007 et le 1^{er} décembre 2008.

Devant ce bilan, il est intéressant de rechercher ce qui sépare les positions américaines des positions européennes. Outre le problème d'échelle, (12 tonnes, contre 1 tonne – mais ne vaudrait-il pas mieux s'intéresser aux risques qu'aux quantités ?) :

- ✓ en Amérique du Nord, la mise en application des principes de protection est basée sur le volontariat ; de plus, c'est l'usage d'une substance qui conditionne la réglementation à appliquer, et non pas sa formule ;
- ✓ en Europe, il s'agit d'un règlement autoritaire, imposé, à la différence du *Responsible Care* ou des relations entre l'EPA et l'industrie américaine. Contrairement aux Etats-

Unis, qui fondent leurs règlements sur l'évaluation des risques, l'Europe s'interroge sur le danger intrinsèque des substances.

Force est de constater cependant que les Canadiens, précurseurs en la matière, ont évalué la moitié des 23 000 produits chimiques répertoriés dans le commerce de leur pays et qu'ils commencent à contrôler et à réguler des substances identifiées comme présentant un risque pour la santé et l'environnement.

Aux Etats-Unis, le *HPV Challenge Program* répond en partie (malgré ses faiblesses) aux attentes des protecteurs de l'environnement, tandis que la Californie se propose de promouvoir la chimie verte.

On assiste donc, en dehors de l'Europe, à des actions volontaristes qui semblent rejoindre sur plusieurs points l'esprit du règlement REACH. Bien sûr, on peut s'interroger sur les motivations des volontaires : réalisme et efficacité, ou réelle volonté de progrès ? L'exemple de l'amiante, dont l'interdiction par l'EPA a été rejetée par une cour fédérale américaine, nous autorise à poser cette question.

Devant cette ambiguïté, il est bon de rappeler que la protection de la santé et de l'environnement est un problème mondial qui n'admet pas de frontière ! Ajoutons à cela les aspects matériels, très lourds, que la directive REACH va imposer aux industriels européens confrontés à des concurrents qui, hors Europe, n'auront pas à l'appliquer. Une petite correction à cette distorsion serait l'attribution d'un label REACH confirmant la qualité environnementale. Mais ceci ne serait qu'une petite réforme et on est en droit de souhaiter que le règlement REACH ne soit pas limité à l'Europe, mais qu'il soit adopté par le monde entier. Quand on examine le contenu du TSCA, les missions de l'EPA et celles du R.C., que manque-t-il pour rédiger un règlement mondial ? Il manque la volonté d'agir pour le bien de l'humanité, la bonne foi dans l'application des règles et des lois, mais surtout le désir de se donner les moyens d'appliquer réellement des dispositions soumises jusqu'alors à un volontariat problématique.

La position américaine face au protocole de Kyoto donne à cette proposition l'apparence d'un vœu pieux... mais le temps devrait (peut-être) arranger les choses. C'est ainsi qu'en mai 2008, un député et un sénateur américains ont déposé un projet de loi destiné à réviser le TSCA, dans lequel il est proposé d'imposer aux producteurs d'apporter eux-mêmes la démonstration de l'innocuité de leurs produits. A défaut de respecter cette règle, les compagnies ne pourraient pas préparer ou importer des substances chimiques aux Etats-Unis (nous noterons, ici, une certaine analogie avec une des clauses du règlement REACH).

Ce serait à l'Europe, en s'appuyant si possible sur le Canada et la Californie engagés dans une démarche courageuse de développement durable, d'agir dès maintenant pour l'adoption du règlement REACH par les pays dont l'industrie chimique est parmi les plus performantes. On peut espérer, enfin, que cela permettrait de favoriser le partage des données, dans le cadre d'une démarche qui ne peut être en l'occurrence que volontaire.

Qu'en est-il de l'application du Règlement REACH en 2010 ?

Rappelons, tout d'abord, le contenu du règlement REACH, à partir de la signification de cet acronyme :

R (comme *Registration*) : enregistrement obligatoire, par les fabricants et les importateurs, des substances produites ou importées en quantité supérieure à une tonne par an, avec transmission d'un dossier *ad hoc* à l'Agence Européenne d'Helsinki (*European Chemicals Agency - ECHA*).

Tous les acteurs sont concernés : ils sont responsables de la fourniture des données et de l'évaluation des risques. Il s'agit des fabricants et des importateurs, sans oublier les distributeurs et les utilisateurs en fin de chaîne : il en résulte des obligations d'information réciproque.

E (comme *Evaluation*) : évaluation des dossiers par l'ECHA.

ACh (pour *Authorization and Restriction of Chemical substances*) : autorisation pour l'utilisation des substances chimiques dites « extrêmement préoccupantes ».

Ainsi, à l'origine, 30 000 substances potentiellement dangereuses devaient être examinées (sur les 100 000 substances au total utilisées en Europe).

Les substances les plus dangereuses (cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques, dites CMR, réparties en deux catégories, 1 et 2) doivent désormais être soumises à autorisation.

La mise en œuvre du programme REACH

Les étapes successives en sont les suivantes :

- ✓ inventaire par l'entreprise, qui doit répertorier les substances et produits utilisés sur l'ensemble de ses sites, vérifier s'ils ont été enregistrés par le fournisseur ou non, déterminer les quantités en jeu et les exigences applicables : le fournisseur identifie les usages faits par le client et il en évalue les risques ; le client vérifie que le risque d'utilisation est bien couvert par le fournisseur ;
- ✓ enregistrement et pré-enregistrement ; entre le 1^{er} juin 2007 et le 1^{er} décembre 2008, les entreprises pouvaient procéder à un pré-enregistrement en déclarant les substances produites ou mises en œuvre auprès de l'Agence, via un système informatique. En contrepartie, elles bénéficient de délais d'enregistrement pouvant aller jusqu'en 2018. Il existe aussi un dispositif de partage des données et des coûts d'enregistrement (forum d'échange d'informations sur les substances) ;
- ✓ autorisation (éventuellement renforcée en ce qui concerne les 1 500 à 2 000 substances, « très préoccupantes »). La liste sera établie progressivement par la communauté européenne.

L'expérience va s'étaler sur onze ans, selon le programme ci-après :

- ✓ avant janvier 2011, doivent être traitées :
 - = les substances produites ou importées en quantité supérieure à 1 000 tonnes /an ;

- = les substances dites CMR (de catégorie 1 et 2), produites en quantité supérieure à 1 000 tonnes /an ;
- = les substances classées R50/53 (très toxiques pour les organismes aquatiques) ;

- ✓ avant janvier 2013, seront prises en compte les substances produites ou importées en quantité supérieure à 100 tonnes/an ;

- ✓ avant janvier 2018, seront traitées les substances produites ou importées en quantité supérieure à 1 tonne/an.

Dernières informations sur le programme REACH

À l'origine, l'on pensait que 27 000 sociétés soumettraient 180 000 préinscriptions portant sur près de 30 000 produits. En réalité, ce sont 65 000 sociétés qui ont déposé environ 2 700 000 préinscriptions, portant sur 140 000 produits !! Cette escalade dans la réponse pose de nombreux problèmes, dont certains ont été relevés dans un article relatif à l'expérimentation animale publié dans la revue *Nature* du 27 août 2009 et écrit par Thomas Hartung, toxicologue à l'université John Hopkins (Baltimore, Maryland) et Constanza Ravida, une chimiste italienne :

- ✓ les coûts du programme au cours de la prochaine décennie, initialement prévus entre 1,6 et 2 milliards d'euros, s'élèveraient, en fait, à 9 milliards ;

- ✓ le nombre d'animaux nécessaires pour effectuer les tests de toxicité seraient non plus de 2,6 millions, mais de 54 millions !!!

On conçoit aisément que cette tribune a entraîné une vaste polémique tant parmi les défenseurs des animaux qu'auprès de l'ECHA, qui conteste les coûts avancés, tout en reconnaissant une augmentation significative du nombre d'animaux de laboratoire nécessaires.

Les substances « extrêmement préoccupantes »

Suite aux propositions de plusieurs pays membres de l'Union européenne, l'ECHA a inscrit 15 produits chimiques au tableau des substances « extrêmement préoccupantes ». Cette inscription génère immédiatement de nouvelles obligations légales pour les compagnies qui les produisent, pour celles qui les commercialisent ou pour celles qui les utilisent :

- ✓ au 1^{er} décembre 2011, un fabricant doit notifier à l'ECHA tout produit renfermant plus de 0,1 % d'une substance inscrite à ce tableau, quand il en manipule au total plus de 1 t/an ;

- ✓ les compagnies doivent aussi donner aux industriels clients et aux consommateurs finals qui en font la demande suffisamment d'informations sur la façon d'utiliser le produit en toute sécurité.

Cette inscription devrait inciter les producteurs à développer des produits de remplacement inoffensifs.

Les limites d'application du règlement REACH

Le règlement REACH ne s'applique pas à la totalité des produits chimiques ! Certains domaines de risque, déjà

réglementés par ailleurs, sont totalement exemptés : les substances radioactives, les substances soumises à contrôle douanier, les intermédiaires non isolés, le transport des substances dangereuses et les déchets.

Certains autres produits faisant l'objet de mesures spécifiques de mise sur le marché soumises à des réglementations sectorielles, sont examinés par ailleurs : il s'agit, par exemple, des médicaments à usage humain et vétérinaire, des denrées alimentaires et des aliments pour animaux (y compris les arômes et additifs).

Les substances actives des produits phytosanitaires et biocides, régies par d'autres directives, sont exemptées d'enregistrement et d'autorisation au titre de REACH.

Enfin, les polymères font l'objet d'une exemption temporaire d'enregistrement tant que n'aura pas été établie « une méthode efficace et économique de sélection des polymères sur la base de critères techniques et scientifiques valables ».

Remarque

En marge de ces problèmes, on peut également citer une conséquence du déplacement des responsabilités, qui incombent désormais aux producteurs et importateurs. On peut craindre, en effet, que, si ceux-ci constatent un rapport bénéfice/coût des expertises trop faible, ils ne soient amenés à arrêter la livraison d'une ou de plusieurs substances. La conséquence serait alors de priver les entreprises en aval de leur matière première, les obligeant, en cas d'absence de solution de substitution, d'arrêter leur activité.

A nouvelles technologies, nouveaux risques : les nanotechnologies.

S'agit-il, à proprement parler, d'un risque chimique ?

Le carbone n'est pas considéré, en soi, comme « toxique » ou « préoccupant ». Mais les nanotubes de carbone suscitent incontestablement des craintes !

Or :

- ✓ il n'existe pas de textes spécifiques aux nanoparticules ou aux nanomatériaux ;
- ✓ on ne sait pas encore quel(s) paramètre(s) retenir pour caractériser la toxicité (ou la dangerosité) des nanoparticules, ni quel sera le critère qui justifiera la mise en œuvre des règles : leur taille, leur morphologie, leur état de surface, mais aussi leur nature chimique, sont autant de critères possibles éligibles pour le suivi toxicologique et éco-toxicologique de ces substances.

La mesure des effets des nanoparticules ne sera pas simple : rappelons simplement que l'on observe fréquemment un phénomène d'agrégation des nanoparticules qui conduit à des ensembles dont la taille n'est plus nanométrique ! Seule une cartographie de la dissémination intracorporelle de ces corps étrangers permettra d'en évaluer la dangerosité, le cas échéant.

Un débat est en cours au Parlement européen sur les aspects réglementaires des nanomatériaux, qui pourrait se traduire par une procédure d'enregistrement de ces nouveaux produits.

Une chimie nouvelle, pour un mode de développement durable

L'industrie chimique est désormais encadrée par un ensemble de nouveaux règlements, nationaux ou européens, dont l'objectif est de préserver la santé des habitants de la planète et leur environnement. Les chimistes, soucieux de leur image mais aussi acteurs responsables devant la société, n'avaient pas attendu ces règlements pour réagir et apporter leur contribution au grand mouvement du développement durable. Leur réaction s'inscrit dans la prise en compte de ce concept, dont il est bon de rappeler l'histoire.

C'est en juin 1972 que s'est tenue à Stockholm la première conférence mondiale sur l'environnement, qui a abouti à la création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Onze ans après, l'Assemblée générale des Nations Unies a mis en place la Commission mondiale sur l'Environnement et le Développement. Cette Commission présidée par Madame Gro Harlem Brundtland publia un rapport dont la France adopta les principes en 1989, et le traduisit sous l'intitulé de « Développement Durable », dont elle a donné cette définition : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Par la suite, toutes les initiatives mondiales se sont inspirées de ce rapport :

- ✓ 1992, charte de la Terre, adoptée à Rio de Janeiro ;
- ✓ 2002, sommet de la Terre à Johannesburg, où Jacques Chirac lança cette phrase demeurée célèbre : « Notre maison brûle, et nous regardons ailleurs ! » ;
- ✓ 2005, adoption par le Parlement français de la Charte de l'Environnement, qui a été adossée à la Constitution, conférant notamment une valeur constitutionnelle au principe de précaution ;
- ✓ 2006, protocole de Kyoto sur la limitation des gaz à effet de serre, etc.

Les chimistes ont bien vite compris la place de leur discipline dans ce contexte, ce qui est parfaitement résumé par cette phrase d'Alain Devic, président de l'Union des Industries Chimiques : « Pas de développement durable sans chimie ».

La traduction des recommandations multiples, rappelées ci-dessus, dans le domaine des sciences chimiques est contenue en grande partie dans le concept émis en 1991 par Paul T. Anastas sous le nom de *Green Chemistry*. Ce programme soutient la conception de produits et de procédés qui réduisent (voire éliminent) l'usage et la formation transitoire de substances dangereuses. Il ne faut pas le confondre avec la chimie de l'environnement naturel et des polluants chimiques dans la nature, qui étudie, quant à elle, essentiellement les phénomènes chimiques se produisant dans l'environnement.

La *Green Chemistry* se propose de réduire et prévenir la pollution à la source, de minimiser les risques et d'optimiser l'efficacité des choix chimiques. La traduction en français, « Chimie Verte », est trop réductrice, car elle donne à penser

qu'il s'agit de la chimie issue des végétaux. Il faut lui préférer « chimie en faveur du développement durable » qui correspond bien à l'esprit du texte de Paul T. Anastas. L'adoption de ce concept revient à dépasser la période actuelle, où l'éco-efficacité est de mise, pour privilégier l'éco-conception en minimisant (ou en éliminant) la pollution à sa source même.

Dès 1997, un Institut, le *Green Chemistry Institute*, est fondé, puis, en 2001, intégré au sein de l'*American Chemical Society*. En 1995, un prix annuel, le *Presidential Green Chemistry Challenge Award*, est créé par le Président américain William Clinton. En 1998, Paul T. Anastas et John C. Warner proposeront 12 principes permettant de mettre en pratique les recommandations de la *Green Chemistry*. Enfin, en 2003, les 12 principes du *Green Engineering* vinrent compléter ce dispositif scientifique et technologique.

Les 24 principes ci-dessus constituent le socle sur lequel doivent s'appuyer les chimistes, les ingénieurs et les scientifiques afin de respecter l'environnement et la santé des êtres vivants. Ces principes proposent des règles simples ; il s'agit essentiellement :

- ✓ de préparer des produits respectueux de l'environnement et d'utiliser, quand cela est possible, des matières premières renouvelables ;
- ✓ de concevoir des procédés propres et optimisés en limitant l'utilisation des solvants habituels et en cherchant l'inspiration dans les processus biologiques ;

- ✓ de travailler dans des conditions énergétiques optimisées (catalyse, biotechnologies) ;

- ✓ de suivre en temps réel les réactions chimiques au moyen d'analyses performantes en continu, avec, pour recommandation principale, la nécessité de privilégier la sécurité !

Parmi ces principes, on voit que l'utilisation des végétaux (matière première renouvelable) figure en bonne place ! Cependant, elle ne représente qu'une partie des règles que les chimistes doivent respecter.

Il est désormais légitime de s'interroger sur la façon de procéder pour mettre en œuvre un tel programme. A cet effet, des actions de formation, d'information, de collecte de données et de recherche doivent être lancées.

Mais avant tout, il faut convaincre :

- ✓ les chercheurs, qui doivent trouver dans cette nouvelle voie une source d'inspiration ; ils doivent suivre des stratégies, parfois contraignantes, mais toujours profitables pour l'imagination ;

- ✓ les industriels, qui, à terme, devraient être gagnants en adoptant rapidement, dès lors que cela est possible, les principes « verts ».

Note

* Professeur émérite à l'Université Paul Sabatier (Toulouse 3), Président honoraire de la Société Française de Chimie, de la Société de Chimie Industrielle et de la Fédération Française des sciences pour la Chimie.

Œuvrer dans l'incertitude (1)

Le travail est généralement traité comme une grandeur négative en analyse économique classique, où il reçoit la qualité restrictive de désutilité (d'utilité négative), c'est-à-dire de dépense d'énergie individuelle en échange d'un salaire et de biens de consommation auxquels ce salaire donne accès. Ce sont le loisir et les biens de consommation qui sont sources de satisfaction et de bien-être individuel, le travail apparaissant alors comme une consommation négative.

par Pierre-Michel MENGER*

De la sorte, l'engagement sur le marché du travail et le choix d'occuper tel ou tel emploi relèvent intégralement d'une axiomatique classique de la rationalité du comportement de maximisation sous contrainte : le choix d'exercer une activité rémunérée ne se distingue en rien d'une dépense d'énergie, et peut être entièrement compris comme un arbitrage entre le sacrifice de bien-être qu'impose l'effort et le gain de bien-être que procurent les biens et le loisir acquis en contrepartie de la rémunération de l'effort productif.

Or, le corrélat essentiel d'une telle analyse est la simplification extrême de la réalité du travail, qui fait obstacle à l'observation la plus élémentaire des situations d'emploi et des degrés très variables de la désutilité ressentie dans l'accomplissement du travail. D'une part, chaque travail et chaque emploi doivent être vus comme une combinaison particulière de caractéristiques. D'autre part, si l'on peut décrire dans le vocabulaire de la consommation certains éléments du choix et de l'exercice d'un travail qui font l'objet d'une compensation monétaire, l'individu au travail ne peut pourtant pas être assimilé à un simple consommateur. Il ne choisit pas simplement le niveau d'investissement scolaire au terme duquel il sera plus ou moins diplômé. Et surtout, l'exercice du métier transforme l'individu, dans la mesure où l'extension dans le temps de l'activité professionnelle et de la relation d'emploi permet à des compétences et à des qualités non présentes à l'origine d'émerger et de se développer : l'expérience acquise et l'exercice de l'emploi renseignent l'individu sur des capacités qu'il détenait à l'état virtuel, ou lui procurent des compétences supplémentaires, bien au-delà de sa formation initiale.

Il existe une vision strictement opposée, qui fait du travail une valeur typiquement positive, parce qu'il engage les ressources de créativité et d'expression de soi. Cette valeur positive du travail est célébrée par toute une tradition d'analyse qui insiste sur la réalité extra-économique de l'activité authentiquement inventive, et qui en fait la forme idéalement désirable du travail. Cette tradition se confond, pour l'essentiel, avec l'histoire du modèle expressiviste de la *praxis*, dont l'origine peut être trouvée dans la théorie aris-

totélicienne de l'autoréalisation de l'homme par l'action et par le travail, et qui résonne dans la distinction entre travail libre et travail aliéné. Le travail libre et créateur devrait être pour chacun le moyen de donner libre cours à la totalité de ses capacités : parler d'activité créatrice devient pléonastique, car l'agir humain, dans une telle conception, ne peut s'exprimer pleinement qu'à la condition de ne pas se transformer en un moyen pour obtenir autre chose (notamment un gain), de ne pas être dépossédé de son sens, ni de ses motivations intrinsèques, ni du résultat de son action. Cette forme générique de dépense de soi a pour premier et paradoxal bénéfice de permettre à l'individu de se connaître, de prendre possession de soi, d'accéder à l'autonomie, entendue en son sens étymologique.

Mais que dit au juste l'argument aristotélicien ? Dans l'*Ethique à Nicomaque*, Aristote élabore une philosophie de l'action (*praxis*) et de la production (*poièsis*) fondée sur le principe de contingence et d'indétermination du futur. Le monde dans lequel évolue l'homme est un monde inachevé, imparfaitement déterminé. L'action humaine peut en modifier le cours, car les choses peuvent être différentes de ce qu'elles sont. La contingence du monde, où évolue l'homme, signifie que le changement est une possibilité toujours ouverte, et que l'action humaine se loge dans cet écart entre l'être en puissance et l'être en acte, qu'ouvre le « pouvoir d'être autre ». La contingence du monde permet d'inventer et de produire du nouveau, en tant que le producteur façonne une matière jusque là indéterminée. Le principe de contingence peut être qualifié de principe d'incertitude, et celui-ci est porteur de succès comme d'échec de l'action.

Quelles caractéristiques présentent les activités dotées d'un coefficient d'incertitude élevé ? Arthur Stinchcombe classe les structures d'activité selon le degré de variabilité des facteurs qui déterminent directement leurs propriétés constitutives : la stabilité ou l'instabilité d'un marché de produits industriels détermine, par exemple, les propriétés du système d'organisation du travail exigé pour adapter en permanence la production aux conditions changeantes de l'environnement. L'issue d'une activité est incertaine lorsqu'elle est le produit de la « forte variance des variables cau-



© Brassai® Estate BRASSAI/distr. RMN-Thierry Lepage

« Les travaux de création artistique ou de recherche scientifique, mais aussi des activités moins prestigieuses telles que la publicité, le jeu, le sport, la bourse, le combat, comptent parmi les entreprises humaines les plus faiblement routinières et dont l'issue est très imparfaitement prévisible ». Photo de Picasso peignant sur un journal par Brassai (1899-1984), septembre 1939.

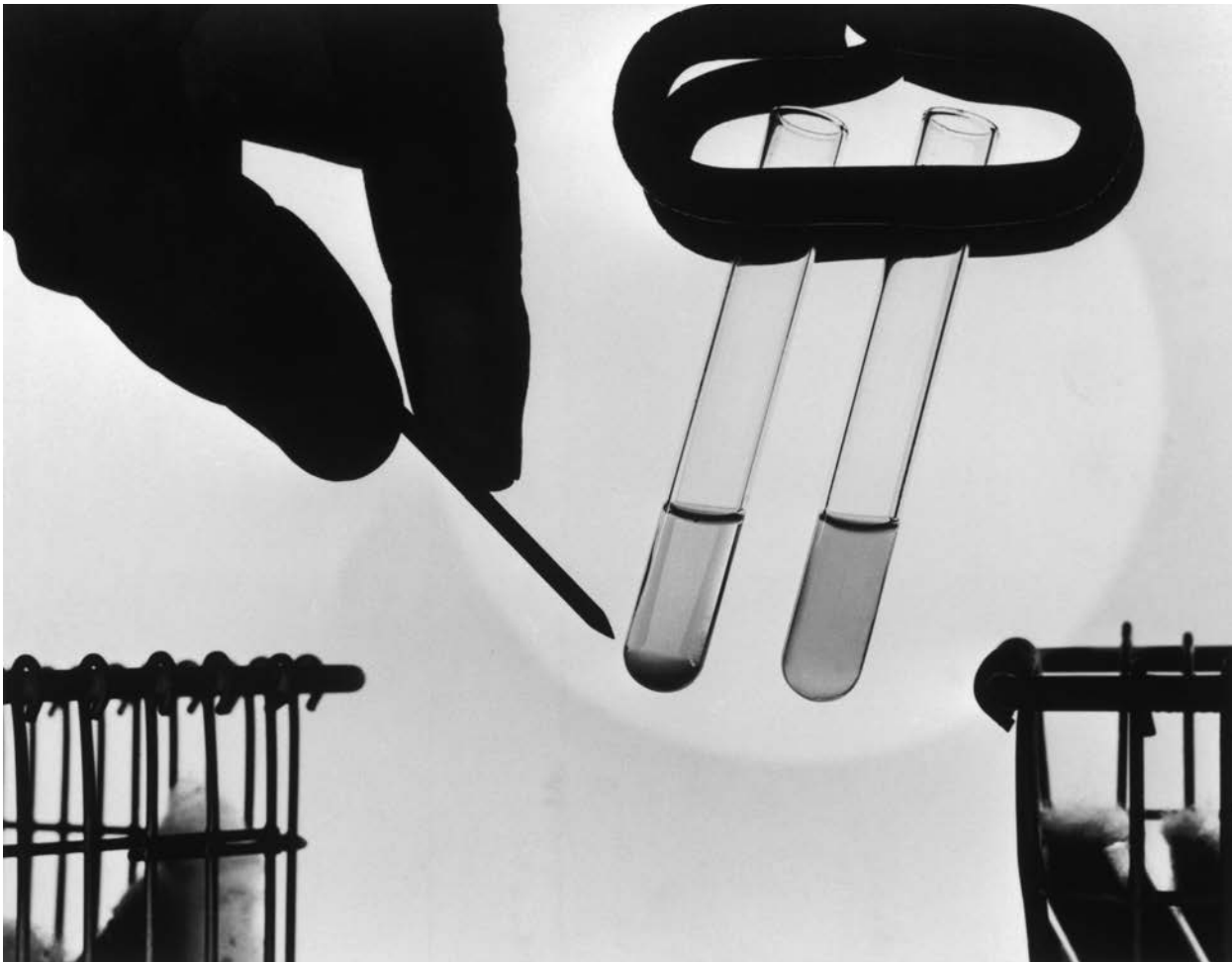
sales affectant le résultat de l'action », de « l'imprévisibilité de la valeur que prendra la variable causale directement influente » et d'une « relation de causalité insécable entre cette variable et le résultat » (2). En caractérisant les facteurs déterminants par leur variance, on peut, dès lors, échelonner les activités sur un axe allant des plus standar-

disées et répétitives aux moins routinières selon que la variance des déterminants de l'action est faible ou forte. Les travaux de création artistique ou de recherche scientifique, mais aussi des activités moins prestigieuses telles que la publicité, le jeu, le sport, la bourse, comptent parmi les entreprises humaines les plus faiblement routinières et dont

l'issue est très imparfaitement prévisible. D'où, observe Stinchcombe, le recours si fréquent aux superstitions, aux pratiques divinatoires ou à la magie, supposées forcer la chance et réduire l'incertitude. Les valeurs de l'inspiration, du don, du génie, de l'intuition, de la créativité, plus acceptables dans des univers d'action culturellement sophistiqués comme les arts ou la création intellectuelle, ne font que fixer sur la personne et ses qualités intrinsèques cette foi en des pouvoirs magiques et surnaturels de contrôle de l'incertitude.

professionnels, consommateurs profanes) qui reçoivent l'œuvre achevée.

En montrant comment le créateur n'est jamais assuré de parvenir au terme de son entreprise ou d'y parvenir conformément à ce qu'il espérait faire, je soulignerai que l'incertitude n'est pas uniquement extérieure au travail créateur, et qu'elle ne concerne pas simplement la réaction d'un public ou d'un marché. Car réduire la question de l'incertitude n'est pas celle de l'admiration, de l'indifférence ou de l'hostilité d'un public à l'égard de l'artiste et de ses œuvres,



© Eugène Smith/MAGNUM PHOTOS

« Les travaux de création artistique ou de recherche scientifique, mais aussi des activités moins prestigieuses telles que la publicité, le jeu, le sport, la bourse, le combat, comptent parmi les entreprises humaines les plus faiblement routinières et dont l'issue est très imparfaitement prévisible ». Expérience dans un laboratoire de bactériologie, Notre-Dame University (Inde), W. Eugene Smith, 1949.

Je vais examiner le cas de l'activité créatrice dans les arts, en tant que cas remarquable d'un comportement en horizon incertain. L'incertitude quant au résultat d'un travail créateur incite à demander de qui dépend la réussite de l'activité. La réponse est toujours énoncée en quatre points : la réussite dépend de l'artiste lui-même ; elle dépend de l'environnement de son activité et des conditions (matérielles, juridiques, politiques) dans lesquelles son travail est entrepris ; elle dépend de la qualité du travail de l'équipe qui s'affaire dans le projet échafaudé pour créer une œuvre ou un spectacle ; elle dépend de l'évaluation de ceux (pairs,

c'est parcourir la moitié du chemin de l'analyse, et suggérer que l'engagement dans une carrière artistique peut être assimilé à un pari de loterie : chacun, ressentant en lui l'appel de la vocation artistique, pourrait tenter sa chance en laissant le hasard opérer, puisque les ingrédients de l'invention originale ne sont pas spécifiables *a priori*. Ce schéma conduirait chacun à surestimer indéfiniment ses chances de succès à force de sous-estimer la force des comparaisons sélectives opérées par ceux qui jugent son travail. La surestimation de soi est bien une disposition fonctionnelle dans un comportement en horizon incertain, mais l'activité de

l'artiste le renseigne aussi progressivement sur la valeur espérée de son choix professionnel. Je montrerai comment la compétition, en procédant à des tournois de comparaison entre les artistes, en présence d'une incertitude radicale sur la valeur absolue de leurs œuvres et de leurs performances, structure les carrières professionnelles au travers d'incessantes situations de classement sélectif. J'indiquerai en conclusion pourquoi les résultats les plus admirés du travail créateur peuvent apparaître tout à la fois imprévisibles, dans leur émergence, et inévitables, dans les jugements portés sur leurs qualités.

Le cheminement incertain du travail créateur

Le travail artistique est modelé par l'incertitude. L'activité de l'artiste chemine selon un cours incertain, et son terme n'est ni défini, ni assuré. Si elle était programmable, elle dériverait d'une bonne spécification des problèmes à résoudre, des connaissances à mettre en œuvre sans difficulté, et des règles d'optimisation à adopter sans contraintes de tâtonnement (3). Et son évaluation serait aisée, parce que le résultat pourrait être rapporté au but qui était spécifié par une programmation efficace de l'action. Mais c'est l'incertitude sur le cours de l'activité et son résultat qui est la condition de l'invention originale, et de l'innovation à plus longue portée. Elle est aussi la condition de la satisfaction prise à créer, car il appartient aux activités faiblement routinières, dont l'invention créatrice des artistes est habituellement présentée comme une incarnation paradigmatique, de réserver des satisfactions et des épreuves proportionnées au degré d'imprévisibilité du résultat et du succès.

Comme l'indique Albert Hirschman, moins les activités sont routinières et utilitaires, plus l'incertitude qui pèse sur leur accomplissement place l'individu dans une situation d'ambivalence. La tension et la difficulté inhérentes à un effort dont les chances de succès sont partiellement ou totalement imprévisibles, trouvent leur compensation dans les moments exaltants de jouissance anticipée de l'aboutissement et de conviction fugitive de la réussite qui jalonnent et soutiennent le cours de l'activité :

« Il y a beaucoup d'activités, comme celles d'un ingénieur dans un laboratoire de recherche, d'un compositeur musical ou d'un militant pour une réforme politique, dont on ne peut escompter le résultat avec certitude. [...] La question se pose de savoir pourquoi entreprendre effectivement ces activités au succès si parfaitement incertain. D'autant plus qu'elles ne sont pas toujours agréables en elles-mêmes et que certaines sont, en fait, très ardues ou extrêmement dangereuses. [...] Si l'on se place du point de vue de l'action utilitaire, l'action non-utilitaire tient forcément du mystère. Mais j'ai à proposer une explication qui tente au moins d'en appeler à la rationalité : ces activités non utilitaires, dont l'issue reste si incertaine, sont étrangement caractérisées par une certaine fusion (et confusion) entre la recherche et le but.

Selon la pensée économique traditionnelle, un individu reçoit un bénéfice essentiellement lorsqu'il atteint le but de la consommation, c'est-à-dire au cours de l'acte qui consis-

te à consommer un bien ou à jouir de son usage ou de sa possession. Mais, comme nous sommes dotés d'une imagination vivace, les choses sont en fait plus compliquées. Quand nous sommes sûrs qu'un bien désiré sera à nous ou qu'un événement souhaité se réalisera [...], nous vivons l'expérience, agréable en elle-même, de « savourer à l'avance » cet événement futur. [...] Quand le but est lointain et l'aboutissement tout à fait problématique, il peut se produire quelque chose qui ressemble fort à cette jouissance : qui cherche la vérité (ou la beauté) acquiert souvent la conviction, si fugitive soit-elle, de l'avoir atteinte ou touchée du doigt [...].

C'est cette expérience de « savourer à l'avance » qui équivaut à la fusion de la recherche et du but dont j'ai parlé plus haut. Ce phénomène aide à comprendre l'existence et l'importance des activités non utilitaires. Comme s'il s'agissait de compenser l'incertitude quant à l'issue et le fait que la tâche est ardue ou périlleuse, l'effort de recherche prend la couleur de l'objectif et procure ainsi une expérience très supérieure aux sensations agréables ou « stimulantes » que j'ai évoquées auparavant. En dépit de son caractère fréquemment douloureux, cet effort a une qualité exaltante et enivrante bien connue » (4).

Et c'est, remarque Hirschman, dans ce type d'expérience que le sujet peut atteindre le sentiment si fort de l'accomplissement de soi et de l'autonomie personnelle.

Incertaine, l'activité n'est pourtant pas chaotique : si elle était totalement imprévisible, elle serait inorganisable et inévaluable. On se gardera donc de toute idéalisation de l'incertitude. Le travail artistique serait impossible si, jusque dans les formes les plus individuelles et les plus libres d'invention créatrice, des conventions et des routines n'étaient pas là pour permettre la réalisation et la diffusion des œuvres. Car sans conventions, sans règles d'interaction, sans procédures plus ou moins stabilisées de division des tâches et d'ajustement mutuel des attentes et des significations échangées, nulle coopération n'est possible entre tous ceux qui doivent concourir à la production, à la diffusion, à la consommation, à l'évaluation et à la conservation des œuvres (5).

Et le comportement de l'artiste n'est ni univoque, ni monolithique. Sa variabilité est l'un des ressorts les plus féconds de la tension créatrice. Si les activités non routinières possèdent bien cette propriété, ô combien recherchée, d'apprendre sans cesse des choses nouvelles à qui les accomplit, il serait pourtant absurde de ne pas graduer cette valeur formatrice : nul ne pourrait travailler à réinventer sans cesse tous les aspects essentiels de son activité. D'où le caractère composite du travail artistique, qui est fait de défis et d'inventions, mais aussi d'appuis sur des solutions déjà mises à l'épreuve dans le passé. La multiplicité des manières d'un artiste, ou la variété des phases de son travail, qui le conduisent à alterner des œuvres exploratoires et des œuvres plus attendues et plus conformes à son image publique, ou le changement brusque et durable, ou même le dédoublement de l'artiste entre plusieurs identités, constituent autant de formes d'individualisation situées le long d'un axe dont les deux extrémités seraient la pure exploita-

tion d'une formule de création entièrement analysable et reproductible d'une œuvre à l'autre, et (pour l'autre pôle) le changement constant, rebelle à toute stabilisation reconnaissable d'une manière personnelle, et donc à toute identification d'un style individuel.

Il n'en demeure pas moins que le prestige même et la force de séduction des métiers artistiques sont mesurés à l'aune de l'incertitude quant au résultat et sont amplifiés par la structure de la compétition que cette incertitude déclenche et met en œuvre.

L'incertitude comme carburant de la compétition par l'originalité et l'innovation

Telle que je l'ai considérée jusqu'ici, l'incertitude caractérisait d'abord l'écart entre l'effort entrepris et le but à atteindre dans la réalisation d'un projet. Avec les plaisirs et les inquiétudes qu'elle suscite, il pourrait être aisé de déboucher sur une définition quasi anthropologique du comportement en horizon incertain, dont serait déduit un idéal social et communautaire : le travail, loin d'être une grandeur négative, ne serait-il pas le seul moyen d'accomplissement de l'individu dans la plénitude de ses talents et de ses ressources, dès lors qu'il s'appliquerait au genre de tâches qui recèlent ce potentiel de jouissance à se mouvoir en horizon incertain ?

Mais si l'on considère la somme de chacun des comportements individuels ainsi orientés, une seconde dimension d'incertitude, collective, sociale, émerge. C'est que la valeur du travail créateur et la reconnaissance du talent sont indissociables d'un système d'évaluation comparative, et des inégalités considérables de réussite qu'engendre la mise en concurrence par comparaison relative.

L'évaluation des artistes et de leurs œuvres et la perception de différences qualitatives seraient aisées si l'appréciation était réalisée en termes absolus, et si elle conduisait à déterminer les qualités de l'artiste et les caractéristiques de ses œuvres à partir d'une échelle univoque de mesure et d'un ensemble stable de critères dépourvus d'ambiguïté. Tel n'est pas le cas. Comme je l'ai déjà souligné, les propriétés fondamentales de l'activité sont la différenciation illimitée des biens et des qualités des artistes, et la compétition par l'originalité. L'originalité esthétique et la valeur artistique, à la différence d'une performance sportive chronométrée ou de la résolution d'un problème, ne se mesurent pas autrement qu'en termes relatifs.

Mais comment opère une mesure relative de la qualité ? Pour répondre, je dois d'abord rappeler quelles sont les caractéristiques principales des carrières artistiques et, en regard, disposer les procédés de gestion de l'incertitude qu'ont inventé les entrepreneurs culturels, notamment à travers la sollicitation d'un très grand nombre d'artistes (en considérable surnombre au regard des chances de réussite). Le mécanisme de sélection et la dynamique des carrières se déduiront aisément de ces deux premiers points.

Les carrières des artistes (et celles des œuvres) se déroulent, pour l'essentiel, hors du cadre organisationnel stable qu'offre l'entreprise par la passation d'un contrat de longue

durée avec ses employés afin de les rémunérer en échange de l'accomplissement des actes de travail qu'elle spécifie, qu'elle cherche à contrôler (la seule définition juridique convaincante du salariat est la relation de subordination), et dont elle mesure la productivité. Ici, au contraire, la carrière est généralement une trajectoire de réalisations construite au fil de transactions contractuelles, et dont la dynamique ne bénéficie d'aucune des garanties associées à la carrière salariale ordinaire.

D'autre part, c'est la compétition sur un marché qui détermine la valeur des réalisations, à travers l'intensité de la demande immédiate qui les préfère, et à travers un flux de demandes, qui s'établit sur le caractère durable de l'œuvre et sur l'interdépendance entre les œuvres produites par l'artiste tout au long de sa carrière – le succès de l'une d'elles pouvant déclencher un engouement pour ses œuvres antérieures, et susciter un plus grand intérêt pour ses œuvres à venir. La qualité de chaque offre est incertaine : l'appréciation des aptitudes des artistes et de la valeur des œuvres produites ne peut pas se faire directement, à travers des mesures de compétences ou des tests standardisés. Et lorsque l'évaluation d'une performance ou d'un produit en termes absolus est impossible, les classements, les schémas de rémunération et les profils de progression dans la carrière prennent la forme de tournois (tournois compétitifs en musique, recrutements par *casting*, attributions de prix, classements dans les hit-parades, travaux d'évaluation des critiques, etc.), dans lesquels les évaluations sont construites à partir d'incessantes comparaisons. Les artistes travaillent à se différencier les uns des autres selon de multiples dimensions pour soutenir la compétition par l'originalité, mais les critiques, les professionnels des mondes de l'art, les intermédiaires des marchés (producteurs, employeurs, organisateurs, agents) et les consommateurs ne cessent de procéder à des classements. La culture nécessaire pour apprécier et évaluer les œuvres peut se définir dès lors comme la somme des comparaisons significatives qu'un individu est capable d'effectuer, explicitement et tacitement, pour attribuer sens et valeur à une œuvre. Ainsi, ce que la loi de l'originalité tend, dans un premier temps, à juxtaposer, les professionnels et les publics le hiérarchisent à travers leurs préférences et leurs investissements, tout au long d'une série d'épreuves de compétition et de comparaison. Ce qu'on appelle le « talent » peut être défini comme ce gradient de qualité qui est attribué à l'individu artiste à travers ces comparaisons dépourvues de repères externes absolus. La difficulté de définir le talent vient de ce qu'il est non pas une valeur arbitraire, mais une qualité purement différentielle. Enfin, les carrières distribuent les professionnels par hiérarchie de réputation, en fonction de leurs réalisations passées.

Ensemble, ces trois caractéristiques ont leurs répondants dans la manière dont opèrent les entrepreneurs culturels. La stratégie est entièrement ordonnée autour d'un couple : l'exploitation de l'incertitude, qui est une condition du profit entrepreneurial, selon la définition classique de Frank Knight (6), et la réduction de l'incertitude. Les ingrédients

du succès sont mal connus, l'incertitude quant au potentiel de marché de chaque œuvre et de chaque innovation pousse chaque firme à multiplier les paris sur les artistes, ce qui, par effet de composition, conduit l'ensemble des entrepreneurs des industries culturelles à alimenter un excès structurel d'offre, avec ses pics saisonniers (par exemple, les « rentrées littéraires » qui sont assorties de statistiques journalistiques sur la croissance vertigineuse, année après année, des publications de romans candidats aux prix littéraires) et ses fluctuations conjoncturelles. Mais, dès qu'ils parviennent à déceler un artiste à « haut potentiel », les entrepreneurs s'ingénient à le surexposer et à actionner les

valeur instantanée en une valeur durable, en un actif sûr sur lequel il est possible d'investir.

La structure de la compétition en est l'expression. Il est efficace pour les grandes firmes de laisser agir les producteurs indépendants comme des aventuriers explorateurs, preneurs de risques et fins connaisseurs des niches de marché et des tendances émergentes, et d'organiser une compétition coopérative avec ceux-ci, *via* la distribution de leurs produits et l'octroi de participations financières dans leur capital. C'est l'image classique de l'oligopole à franges. Les petites firmes consacrent l'essentiel de leurs moyens à la recherche des talents et au financement de leurs produc-



© François Perri/REA

« Les artistes travaillent à se différencier les uns des autres selon de multiples dimensions pour soutenir la compétition par leur originalité, mais les critiques, les professionnels des mondes de l'art, les intermédiaires des marchés (producteurs, employeurs, organisateurs, agents) et les consommateurs ne cessent de procéder à des classements ». Ouverture de la FIAC (foire internationale d'art contemporain) 2009.

leviers qui déclenchent dans le public les mouvements de contagion imitative, en exploitant la dynamique d'autorenforcement qui fait du succès de l'artiste un effet et une cause de la qualité que lui attribuent les consommateurs. Et vis-à-vis de cet artiste qui engrange ses premiers succès, ils peuvent être tentés de chercher à le « développer », à la manière d'une invention scientifique ou d'une innovation technique issue de la recherche-développement. Ainsi, après avoir tiré parti de l'incertitude sur l'identité des vainqueurs en exploitant la compétition par l'originalité, ils s'efforcent de réduire l'incertitude sur les chances de succès futur de l'artiste prometteur, en cherchant à transformer sa

tions ; les *majors* extraient la rente *via* la distribution des productions indépendantes, rachètent aux indépendants les contrats des artistes qui réussissent, développent les carrières les plus prometteuses, s'allient aux stars, et s'emploient, par leurs investissements publicitaires et promotionnels, à déclencher et à renforcer la dynamique d'amplification des succès. Le tableau doit être décrit en termes moins binaires, car, en réalité, les *majors* sont elles-mêmes des galaxies, dans lesquelles des labels se comportent en centres autonomes de production et de profit, et agissent également comme des découvreurs de talents. Mais la distinction par la taille demeure, et elle imprime ses

caractéristiques à la démographie de la population des entreprises : taux de mortalité élevé des petites firmes, croissance des plus habiles (ou chanceuses), rachats, fusions, concentrations. Ainsi, dans une économie de variété, les producteurs indépendants sont sans cesse plus nombreux, alors même que le taux de concentration du secteur s'élève : en réalité, c'est aussi la densité de leurs relations d'interdépendance avec les autres firmes et avec les entreprises dominantes qui s'accroît (7).

Carrières et marchés

Réunissons les deux versants que constituent les carrières et les marchés. L'excès d'offre (de biens et de candidats à la carrière d'artiste) a deux motifs. D'une part, le nombre d'artistes et la variété de la production augmentent plus vite que la demande, parce que la surproduction est une réponse rationnelle des organisations à un environnement incertain. D'autre part, l'organisation par projet de la production des biens artistiques, qui permet de minimiser les coûts fixes induits par ce schéma de surproduction rationnelle, fait largement appel à l'instauration de relations contractuelles temporaires avec les diverses catégories de professionnels impliquées, pour la plupart des opérations requises, depuis la création jusqu'à la diffusion des biens. Ce mode d'organisation a lui-même pour caractéristique d'engendrer une main-d'œuvre structurellement excédentaire, disponible pour répondre aux projets qui la sollicitent.

Comment, dans ce flux de candidats à une carrière, faire émerger ceux qui vont s'installer plus ou moins durablement dans la profession, alors que la qualité ne se laisse pas mesurer directement et absolument, que l'incertitude sur la valeur potentielle des artistes fait loi, que des qualités essentielles peuvent ne se révéler qu'à travers une série d'expériences professionnelles, et que l'information sur les caractéristiques de chacun, dans une compétition par l'originalité, est difficile à rassembler et à actualiser ? La réponse réside dans la formule des compétitions par comparaison relative, laquelle, à travers les tournois d'évaluation, est omniprésente dans les mondes de l'art, pour classer les artistes et les œuvres.

Comment peut-on concevoir une carrière sur le modèle d'un tournoi compétitif ? Selon le modèle proposé par James Rosenbaum (8), les conditions requises pour l'adoption d'un mécanisme de tournoi sont : l'existence de différences interindividuelles substantielles, qui justifient que les plus méritants l'emportent sur les autres ; l'imperfection de l'information sur les aptitudes individuelles, qui requiert des compétitions répétées, à la différence des situations d'activité dans lesquelles l'aptitude paraît pouvoir être mesurée sans ambiguïté ; l'importance prise par les réalisations passées, qui influent sur les chances de succès des réalisations présentes (par contraste, Rosenbaum prend l'exemple du vendeur qui fait du porte-à-porte et pour qui le taux de succès antérieur n'a pas vraiment d'influence sur les chances de succès de son prochain démarchage) ; l'existence d'un système efficace d'interprétation des informations sur les réalisations passées de l'individu est nécessaire. Ces

hypothèses dérivent de deux constats simples : la nature et la quantité exacte des ressources (aptitudes, effort, compétences acquises) engagées par l'individu sont difficiles ou impossibles à préciser et à mesurer directement, et la valeur du résultat ne se laisse apprécier qu'à travers des classements ordinaux.

Ces hypothèses correspondent bien à ce que nous observons. Si, par exemple, nous postulons qu'entre les artistes existent bien des différences d'aptitude et de productivité, comment pouvons-nous les caractériser ? Que savons-nous de ces aptitudes inégalement distribuées ? La réponse vaut pour l'analyse de la réussite dans les arts, mais également pour les sciences, les sports, l'action politique ou les affaires. Certaines qualités sont des capacités mesurables (capacités intellectuelles, qualités physiques et psychologiques) qui agissent comme des conditions nécessaires facilement détectables, notamment quand la compétition est au premier chef gouvernée par la réussite aux épreuves initiales de la compétition scolaire et universitaire, avec les avantages cumulatifs que procurent la vitesse de réussite dans les études, la fréquentation des meilleurs établissements, le contact avec des enseignants et des étudiants de haut niveau. D'autres qualités sont documentées par les explorations biographiques : la quantité de travail, la ténacité, la fertilité de l'imagination et l'aptitude au *divergent thinking*, qui constitue l'un des ressorts de l'invention créative, ou encore la capacité de concentration sur des activités dans lesquelles l'intérêt de l'individu est si fortement stimulé que la motivation intrinsèque agit comme le meilleur levier d'un comportement quasi obsessionnel, où se mélange les valeurs de travail et de jeu (9). La hiérarchie de ces qualités varie selon la nature des activités considérées : un avantage substantiel dans la dotation des qualités essentielles dans un domaine précis d'activité procure aux candidats au succès le moyen d'accéder, dans ledit domaine, à l'étage supérieur de la sélection compétitive.

À partir de ce point, le raisonnement par les facteurs de la réussite devient un leurre, dans la mesure où, au-delà d'un certain seuil, l'avantage que pourrait procurer la détention en plus grande quantité de l'une ou l'autre de ces qualités, et, par exemple, de capacités intellectuelles encore beaucoup plus élevées que celles des concurrents, n'augmente plus véritablement les chances d'une réussite très importante dans l'activité concernée. C'est bien sûr la combinaison des divers types de qualités et capacités qui compte, mais la formule du dosage de ces qualités et capacités, qui pourrait produire les combinaisons optimales, est indéfinissable (10). Nous savons simplement que la distribution de ces qualités, avec leurs combinaisons indéchiffrables, provoque de fortes inégalités dans les chances de réussite, mais que l'estimation de celles-ci est impossible *a priori*, d'où le recours aux pratiques de comparaison relative.

A la question de savoir pourquoi les mondes de l'art procèdent à des classements comparatifs et à des sélections éliminatoires, il est donc possible de donner une réponse plus complète. La compétition par l'originalité, la valorisation de la nouveauté comme valeur émergente et imprévisible, et la faible capacité d'anticipation des préférences des

consommateurs déterminent l'incertitude sur la qualité relative des biens et des artistes. Cette incertitude s'exprime dans la forte indétermination des combinaisons de qualités requises pour réussir dans la compétition.

Dans ce contexte, la carrière des artistes peut être analysée comme un processus stochastique (11) : les jeunes artistes sont incertains sur la qualité de leur travail, et leurs engagements (expositions, publications, performances, concerts) constituent une succession d'épreuves d'évaluation. Ils choisissent de poursuivre, si se révèlent favorables

tiatives entrepreneuriales, aides publiques), et de la valeur qu'ils attribuent à la gratification non monétaire de leur activité, au regard des activités alternatives dans lesquelles ils pourraient disposer de chances supérieures de réussite.

Une cohorte d'artistes entrés simultanément sur le marché est ainsi composée de tous ceux qui n'obtiennent que des succès modestes ou rencontrent assez vite des échecs, et ne jouissent donc que de revenus faibles, et d'une minorité de professionnels qui, au terme d'une première phase de carrière, émergent de la compétition. Les inégalités de reve-



© Photo Josse/LEEMAGE

« La réponse réside dans la formule des compétitions par comparaison relative, laquelle, à travers les tournois d'évaluation, est omniprésente dans les mondes de l'art, pour classer les artistes et les œuvres ». « Les joueurs de cartes », peinture de Paul Cézanne (1839-1906), 1890, Musée d'Orsay, Paris.

les premières évaluations de leurs pairs, des critiques, des membres de leur groupe de référence. Les artistes qui réussissent moins bien ou très peu dans une première phase de la carrière, se trouvent dès lors exposés à un mécanisme de désavantage cumulatif. Le maintien dans la carrière, dans l'espoir de surmonter les effets négatifs de débuts médiocres, dépend des moyens qui sont à la disposition des artistes pour gérer les risques professionnels (multiactivité, couverture assurantielle du sous-emploi, diversification des segments d'activité sur lesquels acquérir une visibilité, ini-

nu expriment les effets de composition de la population artistique dont la croissance est portée par deux mécanismes : le nombre des entrants qui cherchent à faire carrière, augmente plus rapidement que la part de ceux que la compétition relègue et élimine. Les artistes d'une cohorte qui poursuivent leur carrière entrent en compétition avec les artistes des cohortes les ayant précédés : leur situation dans la compétition ne dépend donc pas d'un statut attaché à un emploi comme dans une organisation, avec son ancienneté et son positionnement hiérarchique, mais de la

valeur estimée de leur production et de leurs chances de se maintenir ou de s'élever dans la hiérarchie des réputations.

Nul ne peut s'engager dans le jeu ainsi réglé avec la certitude de triompher, parce que le talent ne se mesure pas directement, en valeurs absolues, mais par des comparaisons graduelles, et parce que la formation initiale ne suffit pas à garantir des chances élevées de réussite. L'objectivation sociale de la valeur doit alors être conçue comme un mécanisme complexe de sélection, qui ne révèle qu'*a posteriori* les risques inhérents à la compétition artistique.

Les deux dimensions, individuelle et collective, de l'incertitude sont indissociables. Pour que le talent et les chances de succès d'un candidat à la carrière artistique soient mesurables *a priori*, il faudrait que l'exercice de la création et d'un métier artistique ne recèle aucune dimension radicalement imprévisible et qu'il soit évalué à l'aune d'un modèle fixe, stable et unanimement accepté. A l'évidence, une telle condition ne peut être satisfaite que dans les cas où le travail artistique s'apparente le plus à une activité ordinaire, routinière et sans surprise, ou dans les périodes où une esthétique classique de l'imitation des modèles et du respect d'un système contraignant de normes l'emporte sur l'esthétique de la rupture et du renouvellement continu. Dans le cas contraire, l'incertitude n'est levée qu'*ex post* et souvent provisoirement en cas de succès, tant celui-ci peut être éphémère. C'est ce qui confère à la compétition une indétermination suffisante pour que le nombre d'aspirants artistes dépasse de beaucoup celui qui serait atteint si une anticipation parfaitement rationnelle des probabilités de succès était à leur portée.

L'œuvre, issue imprévisible et inévitable

La valeur de ce qui nous apparaît être la réussite d'une œuvre est toujours double : la facture de l'œuvre était imprévisible – l'originalité est la signature de la surprise, c'est une valeur cardinale, considérablement estimée par notre culture – et pourtant, telle qu'elle se présente, l'œuvre réussie impose un caractère d'inévitabilité – au sens où elle ne peut être autrement. Pour comprendre pourquoi est requise la conjonction de ces deux valeurs opposées, reprenons la définition kantienne du génie créateur : selon le philosophe, le génie est une aptitude à produire sans règle déterminée, ou, dit en termes différents, sans autre règle que celle de l'originalité, qui ne peut être le résultat d'un apprentissage ou d'une extrapolation à partir de productions antérieures. La valeur d'émergence de la nouveauté est liée à cette condition. Mais toute nouveauté, si imprévisible soit-elle, n'est pas admirable. D'où la seconde caractéristique du génie : il produit des œuvres qui sont aussi des modèles, des exemples, et qui peuvent faire l'objet d'un jugement universalisable. La valeur d'inévitabilité apparaît ici : la création admirée est celle qui est dégagée des influences passées, mais aussi des jeux arbitraires de l'invention insignifiante. L'inévitabilité seule transformerait la création en un processus fermé, en une activité de part en part déterminée et réductible. L'imprévisibilité seule trans-

formerait la création en une production du hasard, en une loterie subjective et objective.

La décisive caractérisation kantienne de l'activité esthétique comme un processus orienté en finalité, mais sans fin déterminée, fournit de façon énigmatique l'accès à cette composition paradoxale de la liberté et de la nécessité créatrices, de l'invention imaginative et de l'exercice permanent du jugement qui rejette et sélectionne sans critères absolus.

L'argument peut être déplacé vers l'activité productrice elle-même, comme le fait Jaako Hintikka quand il souligne comment le travail de création se dérobe à la schématisation ordinaire de l'action guidée par son but.

« Le trait crucial des actes de création artistique est que ce qu'il y a en eux de plus authentiquement neuf n'advient pas selon un processus dirigé vers une fin. Pour paraphraser l'inimitable parole de Picasso : un artiste créatif ne cherche pas, il trouve (c'est-à-dire qu'il trouve sans chercher). Mais cette absence totale de finalité des actes créatifs artistiques est souvent ressentie comme paradoxale et énigmatique, car, malheureusement, nous préférons les modèles téléologiques plus familiers de l'action humaine. L'élément récalcitrant des processus de création artistique, celui dont on ne peut rendre compte dans ce modèle téléologique, est fréquemment l'objet de mystifications diverses, qui vont de la théorie de l'inconscient aux interprétations voyant dans l'artiste le « médium » d'un « génie » dont il est « possédé » [...]. Ces mystifications ne doivent pas voiler le fait éminent, en l'occurrence, que la création artistique, en tout état de cause l'une des activités les plus libres et les plus humaines auxquelles on puisse espérer s'adonner, n'est précisément pas finalisée (d'un point de vue conceptuel).

Nul prototype d'une conception artistique authentiquement neuve n'existe dans l'acte qui lui donne naissance, ni n'est visé par ledit acte. Son émergence peut même surprendre celui qui lui a donné naissance. Pourtant les gestes créateurs doivent certainement être considérés comme intentionnels au sens que visait Husserl et qui nous préoccupe. C'est une forme d'activité libre, consciente, qui implique même véritablement, une intention déclarée de la part de l'artiste, mais non celle de produire un quelconque objet d'art particulier, prédéfini (12) ».

L'argument de Hintikka intervient dans une analyse qui a pour objectif la réélaboration de la notion d'intentionnalité. Son propos est de découpler intentionnalité et finalité, et de le faire sur le terrain de l'analyse de la création artistique, qu'il tient pour « l'exemple le plus convaincant à l'encontre de l'identification de l'intentionnalité et de la finalité (13) ». La création artistique doit donc pouvoir être pensée comme une activité intentionnelle, mais non point au sens traditionnel, qui implique la visée d'un but. La redéfinition qu'a proposée Hintikka de la notion d'intention est celle-ci :

« Un concept est intentionnel si, et seulement si, il est nécessaire de considérer plusieurs situations ou scénarios possibles dans leurs relations mutuelles pour analyser la sémantique dudit concept. [...] Cette thèse, pour l'expliquer en des termes plus proches de l'intuition, affirme que le sceau de l'intentionnalité, c'est-à-dire de la vie mentale

consciente et conceptualisable, est d'être jouée avec, en toile de fond, un ensemble de possibilités non actualisées (14). »

Appliqué au cas de la création artistique, l'argument est que : « Les actes de création artistique sont, bien sûr, intentionnels au sens défini par ma thèse. Les descriptions mêmes qui mettent en valeur la spontanéité des gestes créateurs comprennent des concepts qui sont intentionnels au sens que je donne à ce terme. Les descriptions peut-être les plus caractéristiques comprennent la notion de surprise dont l'analyse comprend nettement une comparaison entre plusieurs « mondes possibles » vivement contrastés – ceux auxquels la personne s'attendait et celui qui s'est en fait matérialisé, en la surprenant. Les concepts intentionnels de cette espèce ne sont pas non plus sans relation avec nos évaluations esthétiques, car lesdites évaluations comprennent des comparaisons tacites ou même explicites entre les détails d'une œuvre d'art et ce que son créateur aurait pu exécuter à leur place. Toutes les évaluations esthétiques comportent des comparaisons entre le possible et l'effectif, et toute création artistique comporte des choix entre des possibilités mutuellement exclusives dont l'une seulement peut être réalisée (15). »

Cette conception contient de quoi redéfinir les valeurs d'inévitabilité (seule une possibilité peut être réalisée, comme le dit Hintikka) et d'imprévisibilité (signalée par la surprise), et de quoi les articuler, plutôt que de les opposer.

Examinons d'abord chaque versant pris séparément. Qu'advierait-il si la valeur d'inévitabilité dominait ? Triompherait alors l'une ou l'autre des conceptions qui font du travail créateur un travail contraint, une fois l'origine ou l'impulsion données : soit parce que le motif originel de l'acte créateur réside dans un problème artistique à résoudre, et que les choix s'opèrent alors de manière implacable, aux erreurs de cheminement près, soit parce que le processus de création obéit, là aussi, à une logique implacable, mais dont l'artiste ne connaît pas les termes et ne peut pas contrôler le cours, parce qu'il est sous l'emprise de forces dont il peut, tout au plus, mesurer le pouvoir, mais non la nature profonde. Deux figures contraires de l'inévitabilité s'opposent donc : celle de la computation rationnelle et axiomatisable, et celle du pouvoir de l'inconscient. Dans le second cas, trois types d'inconscient peuvent se disputer la préséance dans l'étiologie de l'inévitabilité : celle de l'inconscient de la psychanalyse, donc de l'inconscient personnel de l'artiste, celle de l'inconscient historique qui place l'artiste sous la dépendance de forces sociales dont il est le représentant expressif, et, enfin, celle de l'inconscient du langage de l'art considéré et des contraintes du travail formel. Mais la composante d'imprévisibilité qui donne sens à l'invention et à l'originalité est, dans tous ces cas de figure, réduite à néant.

Symétriquement, qu'advierait-il si l'imprévisibilité de la facture de l'œuvre était conçue comme un aléa objectif, une donnée du cours du monde sur laquelle l'artiste n'a pas de prise ? Tel serait, par exemple, le cas si la production de l'œuvre était entièrement sous la dépendance de hasards : hasards de la distribution génétique des facteurs supposés responsables du talent, hasards des rencontres et des occa-

sions permettant à ce talent de s'exprimer dans la réalisation d'un projet créateur, hasards des inventions accidentelles, hasards des circonstances favorables à la réception de l'œuvre. Comme Ernst Kris et Otto Kurz l'ont montré (16), c'est une des façons classiques de tisser la légende de la vie d'artiste, faite de dons issus des hasards de la loterie génétique, de rencontres fortuites et d'interventions providentielles favorisant l'expression des dons. Mais dans ce cas, la composante d'inévitabilité s'évanouit purement et simplement, et l'artiste apparaît comme le jouet d'indéchiffrables lois naturelles et de l'entrecroisement aléatoire des lignes de la causalité événementielle qui détermine toutes choses.

Il faut en réalité procéder à une double spécification de l'imprévisibilité et de l'inévitabilité : l'imprévisibilité se conçoit dans un cadre de probabilité subjective, et l'inévitabilité comporte un élément d'évaluation. Concevoir la création de l'œuvre et sa réception comme imparfaitement prévisibles, ce n'est pas faire de l'acte créateur une inaccessible boîte noire, mais assimiler pleinement le processus de production artistique à un travail : l'artiste forme des évaluations (par pondération probabiliste des éléments soumis à son jugement) sur le cours préférable de son activité, selon le degré de contrôle qu'il peut exercer, et sur les issues préférables de ses interactions avec autrui. Ces évaluations constituent un sentier d'apprentissage : l'artiste émet des jugements sur son travail, reçoit des jugements d'autrui, réagit, interprète les informations qu'il acquiert. Il corrige et révisé ainsi ses croyances et ses jugements en fonction des informations nouvellement acquises. L'important est de comprendre que ce processus est orienté vers une fin, mais qu'il n'est pas contraint par la spécification rigoureuse d'une fin.

Quant à la valeur d'inévitabilité, sa signification ne s'accorde avec celle que recèle la valeur d'imprévisibilité que si elle fait référence à un acte d'évaluation. En suivant Hintikka et Leonard Meyer (17), je soutiens que l'appréhension et l'interprétation d'une œuvre ne résultent pas simplement de l'examen et de la saisie des possibilités effectivement réalisées, mais aussi des possibilités qui étaient ouvertes au créateur, des scénarios non réalisés. C'est par cette comparaison entre plusieurs profils possibles de l'œuvre que nous évaluons et interprétons celle qui est effectivement offerte à notre regard ou à notre écoute, c'est en enveloppant l'œuvre réelle dans une somme de possibilités qui nous sont suggérées par les questions que nous formulons sur les cheminements alternatifs du geste, que nous dotons l'œuvre de sa signification intentionnelle. La compétence culturelle du spectateur peut être définie par cette aptitude à concevoir les options dont pouvait disposer le créateur.

Notes

* Directeur d'études EHESS – Directeur de recherche CNRS – Centre de sociologie du travail et des arts.

(1) Les analyses développées dans cet article s'appuient sur les travaux rassemblés dans mon ouvrage *Le travail créateur. S'accomplir dans l'incertain*, Paris, Gallimard / Le Seuil, Hautes Etudes, 2009.

- (2) Arthur Stinchcombe, *Constructing Social Theories*, Chicago, The University of Chicago Press, 1968, p. 263.
- (3) Pour une analyse de l'activité créatrice selon un modèle de maximisation sous contrainte, voir Jon Elster, *Ulysses Unbound*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000, chap. 3.
- (4) Albert Hirschman, *Vers une économie politique élargie*, Paris, Minuit, 1986, pp. 97-99.
- (5) Voir Howard Becker, *Les mondes de l'art*, trad. fr., Paris, Flammarion, 1988, Jon Elster, *op. cit.*
- (6) Frank H. Knight, *Risk, uncertainty and profit*, Boston, Houghton Mifflin Company, 1921.
- (7) Ce caractère « ouvert » du système de compétition coopérative explique, par exemple, que bien que le taux de concentration oligopolistique dans l'industrie du disque ait augmenté depuis le début des années 1970, les taux d'innovation et de diversité dans la production musicale, tels que l'analyse des hit-parades permet de les calculer, se sont maintenus, voire ont pu même dans certains cas progresser (selon l'indicateur choisi) au cours des années 1980. Voir notamment Paul Lopes, *Innovation and Diversity in the Popular Music Industry, 1969 to 1990*, *American Sociological Review*, 1992, 57, p. 56-71, et Richard Caves, *Creative Industries*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2000, qui traitent de l'évolution de la situation de l'industrie musicale depuis l'étude fondatrice de Richard Peterson, David Berger, *Cycles in Symbol Production : The Case of Popular Music*, *American Sociological Review*, 1975, 40, p. 158-173.
- (8) James Rosenbaum, *Tournament mobility : career patterns in a corporation*, *Administrative Science Quarterly*, 1979, 24, p. 220-241 ; *id.*, *Career Mobility in a Corporate Hierarchy*, New York, Academic Press, 1984. Ces travaux portent principalement sur la gestion des carrières en organisation et montrent comment il est fait appel à des mécanismes de tournois et de compétitions éliminatoires répétés pour organiser les mobilités ascendantes quand l'organisation insiste sur ces facteurs inobjectivables de productivité que sont le talent et le potentiel, c'est-à-dire sur ces différentiels de qualité qui ne sont précisément visibles qu'à travers le mécanisme des tournois de comparaison relative.
- (9) Voir les études recueillies par Robert Sternberg (ed.), *Handbook of Creativity*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999 ; Mihaly Csikszentmihalyi, *Flow : The Psychology of Optimal Experience*, Londres, Harper, 1991.
- (10) La production de recherches savantes, mais aussi d'ouvrages de vulgarisation ou de *best-sellers* consacrés à la créativité et aux individus exceptionnellement doués et aux génies, n'atteint sans doute nulle part ailleurs qu'aux États-Unis une aussi grande abondance : la tolérance beaucoup plus élevée au regard des inégalités et la valorisation des réussites spectaculaires y sont ancrées dans un individualisme méritocratique qui veut voir dans les talents d'exception une illustration de l'indétermination ultime du succès. Dans le même temps, l'établissement de la liste des facteurs de réussite identifiables séparément, fournit les ingrédients de base aux entreprises de sélection des talents, de développement de la créativité et de quête des signes de l'élection à un destin hors du commun. Pour une présentation attrayante de l'analyse des « ingrédients » de la réussite, devenue un succès de librairie, voir Malcolm Gladwell, *Outliers. The Story of success*, Londres, Little, Brown and Company, 2008.
- (11) Glenn MacDonald, *The Economics of Rising Stars*, *American Economic Review*, 1988, 78(1), p. 155-166. Le modèle de MacDonald a, par exemple, été testé par Mark Fox et Paul Kochanowski, *Multi-Stage markets in the Recording Industry*, *Popular Music and Society*, 2007, 30, p. 173-195. Les auteurs montrent, à partir de données relatives au marché américain du disque des années 1958 à 2001, comment le succès ou l'échec des *singles* agit comme un filtre éliminatoire ne permettant qu'à une partie des prétendants au succès de réaliser des albums, pour la production desquels les investissements sont beaucoup plus élevés. Il entend montrer aussi que la qualité (mesurée unidimensionnellement) n'est pas le seul critère explicatif et que plusieurs variables sociodémographiques peuvent expliquer certaines inégalités d'accès au succès.
- (12) Jaakko Hintikka, *L'intentionnalité et les mondes possibles*, trad. fr., Lille, Presses universitaires de Lille, 1989, p. 147-148.
- (13) *Ibid.*
- (14) Jaakko Hintikka, *L'intentionnalité et les mondes possibles*, *op. cit.*, p. 148.
- (15) *Ibid.*
- (16) Ernst Kris, Otto Kurz, *L'image de l'artiste*, trad. fr., Marseille, 1979 [1934].
- (17) Leonard B. Meyer, *Style and Music*, Philadelphie, University of Philadelphia Press, 1989, p. 32-33.

L'incertitude en matière de technologie

Du fait de la vitesse croissante du développement technologique, il devient de plus en plus évident que nous ne savons que fort peu de choses sur notre avenir en la matière. Nous ne savons pas quelles nouvelles technologies nous rencontrerons dans le futur proche, et nous ne savons pas davantage comment nos vies, nos sociétés et notre environnement naturel seront affectées par les changements technologiques.

Diverses tentatives ont été faites pour réduire cette incertitude ; en particulier, deux nouvelles disciplines ont vu le jour à cet effet dans les années 1960 : l'évaluation technologique et l'analyse des risques. Toutefois, toutes deux rencontrent des difficultés considérables. L'objectif de cet article est d'expliquer ces difficultés, et de discuter la façon dont on pourrait cependant traiter les incertitudes des technologies futures.

par Sven Ove HANSSON*

L'évaluation des technologies

L'évaluation des technologies (TA – *Technology Assessment*) est née des interrogations apparues dans les années 1960 sur les effets sociaux de l'émergence des nouvelles technologies. L'expression « évaluation des technologies » a été introduite en 1966 par Philip Yeager, qui travaillait pour le compte d'un membre du Congrès américain, Emilio Q. Daddario (Ropohl, 1966).

E.Q. Daddario proposa la création d'une agence du Congrès ayant pour objectif d'anticiper les conséquences du développement des nouvelles technologies, afin d'en limiter les effets négatifs et d'en promouvoir et d'en amplifier les effets positifs. Ces tentatives conduisirent à la création, en 1972, de l'*Office of Technology Assessment* (OTA), qui avait pour tâche d'analyser et de prévoir les conséquences des développements technologiques futurs. Lorsque les activités de l'OTA furent interrompues en 1995 pour des raisons politiques, cet organisme avait publié plus de 700 rapports sur un large éventail de sujets en relation avec la science et la technologie.

Après la fermeture de l'OTA, le centre de gravité de l'évaluation des technologies se déplaça vers l'Europe : plusieurs pays européens se dotèrent de leur propre service parlementaire d'évaluation des technologies.

Cette tradition est en particulier fortement établie en Allemagne mais on la retrouve aussi, par exemple, en Suisse, au Danemark, en Hollande et en Autriche. Le Parlement européen dispose également d'un service destiné à « l'évaluation des choix scientifiques et industriels » (STOA – *Science and Technology Options Assessment*).

Cependant, depuis les années 1960, les ambitions des évaluateurs des technologies sont devenues de plus en plus modestes. Au départ, il s'agissait de prévoir et de contrôler les effets négatifs potentiels résultant du développement

technologique. On attendait des évaluateurs qu'ils anticipent les conséquences à venir des nouvelles technologies, avant qu'il ne soit trop tard.

Cependant, l'optimisme initial en matière de prédiction technologique ne s'est pas concrétisé. Si les évaluateurs ont été capables d'identifier d'importants aspects du développement technologique et de les porter au débat public – ce qui n'est pas un résultat négligeable ! –, ils n'ont pas été en mesure de prévoir les développements futurs des technologies. En pratique, ils ont revu à la baisse leurs ambitions en matière de prévision. En revanche, d'autres aspects – tels que les procédures participatives ou les débats publics sur les technologies émergentes – se sont trouvés placés au centre de leurs activités.

Quatre sources majeures d'incertitude se conjuguent pour rendre imprévisibles les technologies futures, rendant ainsi impossible de remplir les ambitions initiales de l'Évaluation des technologies :

- ✓ La première de ces sources d'incertitude est due à l'impossibilité de prévoir ce que seront des outils ou des systèmes technologiques qui n'existent pas encore. A titre d'exemple, examinons une proposition visant à développer un nano-mécanisme destiné à être injecté dans le corps d'un malade atteint du cancer, tel que les cellules cancéreuses actionnent elles-mêmes ce mécanisme pour qu'il libère une substance destinée à les tuer. Il s'agit bien d'une des multiples applications potentielles des nanotechnologies qui ont été proposées. Mais tant que les détails de cette technologie (hypothétique) sont inconnus, on ne peut en évaluer ni l'efficacité thérapeutique, ni les effets secondaires. Nous pouvons établir une liste de caractéristiques possibles (positives ou négatives), mais nous ne pouvons espérer l'établir de façon complète.
- ✓ La seconde source d'incertitude est liée au comportement individuel des utilisateurs d'une technologie. Les

inventeurs d'Internet n'ont, semble-t-il, pas prévu les abus liés à son utilisation, que nous connaissons si bien aujourd'hui. Voici un autre exemple : les réactions des utilisateurs de technologies de sécurité sont difficiles à prévoir. Parfois, les effets de mesures de sûreté se trouvent réduits par une forme de « comportement de compensation » : les utilisateurs compensent l'amélioration technologique de la sécurité par une prise de risque accrue dans leur comportement (Rothengatter 2002). En pratique, un tel comportement est souvent impossible à prévoir.

- ✓ La troisième source d'incertitude correspond à l'émergence de nouveaux modes sociaux et culturels adoptés en réaction à une nouvelle technologie. L'expérience montre que la nature même des innovations sociales et culturelles est quasiment impossible à prévoir. Un exemple célèbre est constitué par la réponse apportée par un responsable du British Post Office, en 1879, devant la Chambre des Communes, sur l'avenir possible du téléphone. Il prévoyait que l'usage du téléphone resterait peu répandu en Grande-Bretagne, car l'on n'y manquait pas de jeunes gens susceptibles de porter des messages (de Sola Pool, 1983, p. 65). Aujourd'hui, une certaine réflexion est nécessaire pour comprendre pourquoi une telle réponse a pu être donnée par une personne intelligente et bien informée. L'explication tient simplement au fait que, contrairement au téléphone proprement dit (une invention technologique), la conversation téléphonique (une invention sociale) était alors inconnue.

Le téléphone fut donc d'abord considéré comme un moyen de transmettre des messages, comme une version améliorée du télégraphe. De même aux débuts de la télévision, son utilisation à des fins de surveillance avait été envisagée, mais pas son utilisation comme instrument de loisir domestique.

Le programme de télévision fut une invention sociale qui émergea des années après l'invention technologique de la télévision (de Sola Pool, 1983, p. 99) ;

- ✓ La quatrième source d'incertitude tient à l'interaction des technologies avec des systèmes naturels complexes, en particulier avec les écosystèmes, qui sont, eux aussi, imprévisibles dans la pratique. De nombreux problèmes environnementaux sont la conséquence de ces interactions imprévues avec des mécanismes naturels. Deux des exemples les plus connus sont les effets des composés organo-halogénés sur la couche d'ozone et ceux des gaz à effet de serre sur le climat.

La leçon générale de tout ceci est que le développement technologique est un processus si complexe qu'il est en pratique impossible à prévoir. L'évaluation des technologies a apporté maintes réflexions utiles, mais elle a dû renoncer à son ambition initiale qui était la prévision.

L'analyse du risque

L'autre tentative significative pour réduire l'incertitude sur les effets des technologies est l'analyse du risque (RA –

Risk Assessment). A l'instar de l'évaluation des technologies, elle trouve ses origines dans le mécontentement public face au développement technologique dans les années 1960. L'analyse du risque a souvent été associée aux contre-réactions vis à vis des craintes, réputées irrationnelles, relatives aux dangers potentiels des technologies. La plupart des premières études se focalisèrent sur des technologies chimiques ou nucléaires, précisément les facteurs de risques qui étaient pris pour cible par l'opposition publique.

Un thème courant de l'analyse de risques était (et est encore aujourd'hui) le fait que l'opposition publique aux risques a souvent pour fondement des incompréhensions et des sur-réactions irrationnelles.

L'analyse du risque diffère de l'évaluation technologique en ce qu'elle ne s'intéresse qu'aux effets négatifs des technologies. Une autre de ses caractéristiques est le fait qu'elle met l'accent sur la quantification et l'analyse probabiliste. En fait, le terme même de « risque » est habituellement entendu par les analystes comme référant à une quantité. Cette approche a été empruntée à la théorie de la décision : en effet, les théoriciens de la décision font la distinction entre une « incertitude » (qu'il n'est pas nécessaire de quantifier) et un risque (qui est supposé être associé à des probabilités de survenue précisément définies).

En termes de théorie de la décision, on agit « sous risque » si toutes les probabilités dont relève la décision sont connues, sinon on parle d'« incertitude ». De la même manière, en analyse du risque, le terme « risque » désigne généralement une quantité. Dans les premiers temps de l'analyse du risque, le terme « risque » signifiait habituellement « probabilité ». Aujourd'hui, ce terme réfère plus souvent à une autre quantité, l'espérance mathématique d'un événement mesurable non désiré, comme, par exemple, le nombre de décès ou de cas de maladie statistiquement prévus (Hansson, 2002).

Cet accent mis sur la quantification a eu des avantages importants. Quand les risques sont quantifiés, ils peuvent être comparés avec exactitude et l'analyse de risques peut être utilisée comme un moyen permettant de définir des priorités dans des choix politiques.

La quantification permet aussi de combiner analyse de risques et analyse économique. En analyse risques/bénéfices, les coûts marginaux des différents projets de réduction du risque peuvent être comparés, afin de déterminer la meilleure utilisation possible de l'argent disponible pour réduire le risque.

Mais en dépit d'une large utilisation de la quantification dans l'évaluation des risques, ceux-ci sont, dans de nombreux cas, beaucoup plus incertains qu'on ne veut bien le reconnaître. Il y a au moins quatre raisons importantes pour lesquelles l'analyse probabiliste du risque des technologies ne fournit pas les évaluations fiables qui en étaient attendues :

- La première de ces raisons tient au fait que l'on ne dispose bien souvent que d'une connaissance limitée des événements indésirables (comme, par exemple, les accidents) dont on cherche à déterminer la probabilité. Lorsqu'on dispose d'une expérience approfondie d'un événement (la

défaillance d'un appareil, par exemple), on peut en déterminer la probabilité en rassemblant des statistiques, puis en les analysant. Ainsi, si l'on veut connaître la probabilité du risque qu'un *airbag* (cousin gonflable de sécurité) d'une marque donnée d'automobile ne soit pas libéré au cours d'une collision, il faut réunir les statistiques concernant les accidents qui impliquent ce modèle de voiture. Si la voiture concernée se trouve être sur le marché depuis un certain temps, il devrait être possible de disposer de données statistiques suffisantes pour pouvoir répondre à cette question. Mais pour des technologies nouvelles et non testées, cette méthode n'est pas pertinente. Par nature, les statistiques d'accidents permettant de déterminer la probabilité d'une défaillance d'*airbag* pour un nouveau modèle de voiture ne sont pas encore disponibles.

Si la construction du véhicule est, pour l'essentiel, inchangée par rapport aux modèles précédents, on peut alors se référer aux données statistiques relatives à ces anciens modèles ; mais ce n'est plus le cas si des changements significatifs ont été introduits.

Dans de tels cas, un avis d'expert est utilisé pour remplacer les statistiques. Souvent, ces avis d'experts sont traités de la même manière que des probabilités fondées sur des fréquences connues, mais ils sont, bien sûr, beaucoup moins fiables.

Pour des événements inhabituels, comme les accidents à grande échelle mais très rares, les fréquences ne peuvent être déterminées, même après de nombreuses années d'expérience pratique. A titre d'illustration, il y a eu – heureusement – trop peu d'accidents graves sur des réacteurs nucléaires pour que l'estimation de la probabilité de leur survenue soit possible. En particulier, la plupart des types de réacteurs en fonctionnement n'ont jamais été impliqués dans un accident sérieux. Il n'est donc pas possible de déterminer la probabilité d'un accident grave sur un type de réacteurs donné.

– La deuxième raison tient au fait que la dépendance statistique entre différents événements est le plus souvent très difficile à déterminer. Or, cette dépendance peut avoir une influence décisive sur l'analyse du risque. Dans les structures technologiques complexes, la plupart des accidents résultent d'un enchaînement d'événements, plutôt que d'événements isolés. En combinant les probabilités des événements de ces chaînes, il devrait être possible (du moins en principe) de calculer la probabilité d'un accident grave. Mais les interdépendances entre les probabilités de ces événements peuvent avoir un impact majeur sur la probabilité globale de l'accident. Supposons, par exemple, qu'un accident surviendra dans le cas où deux vannes de sécurité enregistreraient simultanément une défaillance, et supposons en outre que l'on sait, par expérience, que la probabilité de défaillance d'une vanne du modèle considéré est de 1/500, sur une période d'un an. On ne peut pas pour autant en conclure que la défaillance simultanée de deux vannes sur cette période serait de $1/500 \times 1/500$, soit 1/250 000. La raison tient au fait que ces deux défaillances ne sont pas des événements indépendants. Il est possible que ces deux vannes connaissent une

défaillance simultanée dans le cas d'un incendie, ou si l'équipe de maintenance répète la même erreur sur les deux vannes.

– La troisième raison est que des accidents peuvent se produire de plus de façons que celles que l'on a pu imaginer. Dans la pratique, il est impossible de faire une liste complète de tous les types d'accidents susceptibles de se produire, par exemple, dans une mine ou dans une grande usine chimique (Il est souvent utile d'essayer d'établir une liste aussi complète que possible, mais l'on n'est jamais certain d'y être parvenu). Même si l'on peut disposer de probabilités raisonnables pour tous les types d'accidents que l'on peut prévoir, la catégorie résiduelle des « autres types d'accidents imprévus » ne peut être éliminée et, bien entendu, aucune probabilité significative ne peut lui être attribuée. Cette remarque est particulièrement pertinente pour les technologies nouvelles.

Dans les premiers temps des biotechnologies, la possibilité de graves accidents imprévus liés à la manipulation des matériaux génétiques était une préoccupation majeure. Aujourd'hui, une situation analogue peut exister pour certaines applications des nanotechnologies (Hansson, 1996, 2004).

– La quatrième raison est que les risques dépendent largement du comportement humain. Certains risques technologiques parmi les plus redoutés sont liés à des comportements humains volontaires, comme le terrorisme ou le sabotage. Des attaques terroristes sur des sites nucléaires peuvent, dans certains cas, constituer un risque plus important que des incidents non intentionnels. Pour un système informatique, l'attaque de *hackers* peut constituer une menace plus grave que des défaillances techniques.

L'analyse probabiliste des menaces intentionnelles est en pratique quasi impossible. (Des modèles de théorie des jeux sont, dans ce domaine, des outils plus utiles que les modèles probabilistes).

En bref, l'analyse probabiliste des défaillances technologiques est fertile en incertitude. Néanmoins, le recours à des approximations et à des estimations de probabilités, comme si celles-ci correspondaient à des fréquences parfaitement connues et exactes, est une tendance très répandue. En d'autres termes, les décisions sur les risques (le terme de « risques » étant pris dans son acception la plus courante, comme un synonyme de « danger ») sont souvent traitées comme des décisions « sous risque » (dans le sens de la théorie de la décision, c'est-à-dire avec des probabilités connues). De fait, les décisions « sous risque » sont le plus souvent des décisions « sous incertitude ».

Pour éclairer cette différence, on peut recourir à l'analogie suivante : les décisions d'un joueur à la table de roulette sont un exemple caractéristique de décisions « sous risque » au sens de la théorie de la décision. Il s'agit en effet de décisions avec des probabilités connues. Si l'on admet que la roulette est sans défaut, la probabilité des divers événements – gain ou perte – est facilement calculable et peut, dès lors, être connue, bien que le joueur puisse ne pas en tenir compte. Un exemple, tout aussi caractéristique, d'une

décision « sous incertitude » est celui d'un explorateur pénétrant dans une partie éloignée de la jungle, jusqu'ici non foulée par le pied de l'homme. Dans la jungle, les dangers sont nombreux, mais aucune estimation de leur probabilité, autres que des suppositions, ne peut être avancée. Il peut, en outre, exister des dangers dont on ignore tout. L'analyse de risques pour des technologies nouvelles et émergentes ressemble davantage au risque couru dans la jungle qu'au risque à la table de roulette – on dispose seulement d'une liste incomplète des risques et, pour ceux qui figurent sur cette liste, les probabilités significatives ne sont le plus souvent pas disponibles. Ce que nous offrent les futures technologies est plus proche d'une expédition dans la jungle que d'une visite au casino (Hansson, 2009).

En résumé, l'évaluation technologique et l'évaluation des risques se heurtent, toutes deux, à de sévères limitations. L'analyse de risques, dans sa forme traditionnelle, est fondée sur des mesures quantitatives du risque, sous la forme d'espérance mathématique. Pour obtenir ces mesures, il faut avoir des valeurs de probabilités qui, le plus souvent, ne sont pas disponibles, y compris pour des technologies existantes, et à plus forte raison, pour des technologies futures qui diffèrent, par leurs structures de base, des technologies déjà en usage.

L'évaluation des technologies a été initialement conçue comme un moyen de prévoir le développement de nouvelles technologies et leurs conséquences sociales. Elle n'a pas été en mesure de fournir de telles prévisions, mais elle a contribué utilement au débat public sur la technologie de diverses autres manières.

Il existe, toutefois, une autre discipline, beaucoup plus ancienne que les deux précédentes, qui s'avère extrêmement utile pour faire face à de nombreux problèmes difficiles soulevés par le développement technologique : l'ingénierie de sécurité.

L'ingénierie de sécurité

Depuis le XIX^e siècle, des ingénieurs se sont spécialisés sur la sécurité des travailleurs et sur d'autres problèmes de sécurité. Bien que l'ingénierie de sécurité soit enseignée dans les collèges technologiques et dans les universités, sa présence est beaucoup plus discrète que celle de l'analyse des risques. Une des raisons à cela est que l'ingénierie de sécurité est éclatée entre différents domaines technologiques, alors que l'analyse des risques présente une grande unité, s'intéressant à toutes sortes de risques au moyen d'une même méthodologie.

L'ingénierie de sécurité s'est largement développée en parallèle dans différents secteurs techniques, et sa terminologie diffère souvent selon ses domaines d'application (Hansson, 2009 b). Mais une étude plus approfondie montre que ses différentes formes sont fondées sur des approches similaires en matière de risque et de sécurité.

Portons un regard plus aiguë sur trois des principes de sécurité les plus importants utilisés par les ingénieurs de sécurité : la sécurité intrinsèque, les barrières de sécurité multiples et les facteurs de sécurité.

La **sécurité intrinsèque** (également appelée « prévention primaire ») consiste en l'élimination d'un danger. Elle s'oppose à la « prévention secondaire », qui ne vise pas à supprimer le danger mais à réduire le risque qui lui est associé. Pour prendre un exemple simple, considérons un procédé qui utilise des matériaux inflammables : la sécurité intrinsèque consiste pour ce procédé à recourir à des matériaux non inflammables, et la sécurité secondaire consiste à supprimer (ou à isoler) les sources d'inflammation et/ou à installer un équipement anti-incendie. Comme cet exemple le montre, la prévention secondaire utilise en général des équipements de sécurité additionnels. Les ingénieurs de sécurité (en particulier dans l'industrie chimique) ont développé des méthodes assurant un niveau de sécurité intrinsèque aussi élevé que possible au sein des usines. L'idée de base, en matière de sécurité intrinsèque, est que, toutes choses égales par ailleurs, si l'on peut choisir entre l'élimination et la gestion du danger, l'élimination est préférable. La raison principale en est que tant que le danger existe, il peut survenir à la suite d'un événement déclenchant non prévu. Même avec les meilleures mesures de contrôle possibles, une chaîne imprévue d'événements peut, par exemple, provoquer un incendie.

Même la meilleure des technologies de sécurité additionnelle peut être défaillante ou être détruite, du fait d'un accident. La sécurité intrinsèque est un moyen qui permet de prendre en considération ces incertitudes.

Les **barrières de sécurité multiples** reposent sur des principes qui sont au moins aussi anciens que les forteresses de l'antiquité. Si l'ennemi parvient à passer la première enceinte, il se heurte à des couches additionnelles, qui protègent les assiégés.

L'ingénierie de certaines barrières de sécurité suit ce même principe de barrières concentriques. Un exemple en est la série de barrières physiques contre les fuites radioactives des réacteurs nucléaires modernes. Dans d'autres cas, les barrières de sécurité sont consécutives sur un plan temporel, plutôt que spatial. Considérons, par exemple, la protection des travailleurs contre un gaz dangereux, tel que l'hydrogène sulfuré (ou sulfure d'hydrogène, H₂S), qui présente un risque de fuite dans une usine chimique. La première barrière consiste à construire toute l'usine de manière à exclure le plus possible une fuite incontrôlée. La seconde barrière correspond à une maintenance de qualité incluant la vérification régulière de points vulnérables (comme les vannes). La troisième barrière est un système d'alerte, combiné à des instructions définies au préalable et relatives aux modalités d'une évacuation en cas de fuite. La quatrième barrière est constituée de services de secours efficaces et bien entraînés.

L'idée de base présidant au système à barrières multiples est que même une barrière bien conçue peut se révéler défaillante pour une raison imprévue et que la barrière suivante peut alors fournir une protection efficace.

Enfin, les **facteurs de sécurité** sont des facteurs numériques que l'on utilise pour dimensionner une réserve de sécurité. L'utilisation de facteurs de sécurité a été introdui-

te dans la deuxième moitié du XIX^e siècle. Ils jouent maintenant un rôle central dans les structures mécaniques et leurs multiples applications dans les différentes disciplines de l'ingénierie.

L'élaboration de systèmes de facteurs de sécurité a été spécifiée par des normes et des standards. Le plus couramment, un facteur de sécurité est exprimé par le rapport entre la mesure de la charge maximale n'entraînant pas le type de défaillance considéré et la mesure correspondante de la charge appliquée.

Par conséquent, nous pouvons choisir de construire un pont assez solide pour résister à deux fois la charge la plus élevée à laquelle il pourrait être soumis. On a alors utilisé un facteur de sécurité de 2.

Selon les standards des structures mécaniques, les facteurs de sécurité sont prévus pour compenser cinq catégories principales de sources de défaillance : des charges plus élevées que prévues, de moins bonnes propriétés des matériaux que celles attendues, une théorie imparfaite du mécanisme de défaillance considéré, éventuellement des mécanismes de défaillance inconnus et, enfin, l'erreur humaine (par exemple, au niveau de la conception) (Knoll, 1976 ; Moses, 1997).

Les trois derniers types de défaillance correspondent à des erreurs au plan de la théorie ou de son application. Les facteurs de sécurité prennent donc en compte non seulement les risques calculables, mais aussi les incertitudes non numériques (Clausen et al., 2006).

Ainsi que nous venons de le voir, les principes directeurs majeurs de l'ingénierie de sécurité visent à gérer non seulement des risques, mais aussi des incertitudes. Pour donner un autre exemple, supposons qu'un constructeur de bateaux produise un plan convaincant de navire insubmersible (bien meilleur que le Titanic). L'analyse probabiliste des risques montre que la probabilité qu'un navire de couler est infime. Sur la base d'une analyse de risques, une analyse risques/bénéfices est réalisée. Elle montre que le coût d'équipement en canots de sauvetage serait économiquement indéfendable. Cette analyse nous conduit à conclure que ce bateau ne devrait pas être équipé de canots. Un ingénieur de sécurité accepterait-il cette analyse et exclurait-il les canots de sauvetage dans sa conception ? La réponse est non, si sa conception suit les règles de l'art et cela pour une raison très simple : les calculs peuvent être faux et, s'ils le sont, les conséquences peuvent être dramatiques. La barrière de sécurité additionnelle constituée par les canots de sauvetage (ainsi que par les consignes d'évacuation et toutes les autres mesures de sécurité prises) ne doit pas être écartée, bien que les estimations de probabilités montrent qu'elle n'est pas nécessaire.

L'ingénierie de sécurité suit une forte tradition, selon laquelle on reconnaît que l'on peut se tromper, et cela, de diverses manières :

✓ nos constructions et nos dispositifs technologiques peuvent être défaillants ;

✓ notre évaluation des risques et des dangers peut être inexacte ;

✓ nos prévisions des futures technologies peuvent être fausses.

Les ingénieurs de sécurité cherchent à mettre au point des systèmes technologiques suffisamment robustes pour que l'on puisse les utiliser en dépit d'erreurs potentielles. Que les erreurs et les défaillances soient possibles (et même attendues) est un facteur indispensable dans toute tentative pour traiter les dangers possibles des futures technologies. Même quand les prédictions sont impossibles (c'est souvent le cas), des constructions robustes et évolutives doivent être développées.

Ainsi, l'incertitude technologique peut être en partie traitée par des moyens *technologiques*, plutôt que par le méta-niveau de l'évaluation technologique et de l'analyse de risques...

Note

* Professeur de philosophie et Président du département de philosophie et d'histoire des technologies à l'Institut royal de technologie (KTH) de Stockholm.

Bibliographie

[1] (Jonas) CLAUSEN, (Sven Ove) HANSSON and (Fred) NILSSON, « Generalizing the Safety Factor Approach », *Reliability Engineering and System Safety* 91:964-973, 2006.

[2] (F.) KNOLL, « Commentary on the basic philosophy and recent development of safety margins », *Canadian Journal of Civil Engineering* 3:409-416, 1976.

[3] (F.) MOSES, « Problems and prospects of reliability-based optimisation », *Engineering Structures* 19:293-301, 1997.

[4] (Sven Ove) HANSSON, « Decision-Making Under Great Uncertainty », *Philosophy of the Social Sciences* 26:369-386, 1996.

[5] (Sven Ove) HANSSON, « Les incertitudes de la société de savoir », *Revue internationale des sciences sociales* 171:43-51, 2002.

[6] (Sven Ove) HANSSON, « Great Uncertainty about Small Things », *Techne* 8(2):26-35, 2004.

[7] (Sven Ove) HANSSON, « From the Casino to the Jungle. Dealing with uncertainty in technological risk management », *Synthese* 168:423-432, 2009a.

[8] (Sven Ove) HANSSON, Risk and Safety in Technology, pp. 1069-1102 in Anthonie Meijers (ed.), *Handbook of the Philosophy of Science, Volume 9: Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, Elsevier 2009b.

[9] (G.) ROPOHL, *Ethik und Technikbewertung*, Frankfurt am Main : Suhrkamp Verlag, 1996.

[10] (Talib) ROTHENGATTER, « Drivers' illusions – no more risk », *Transportation Research, part F*, 5:249-258, 2002.

[11] (Ithiel) de SOLA POOL, *Forecasting the Telephone: A Retrospective Technology Assessment*, Ablex Publishing, 1983.

De l'incertitude-obstacle à l'incertitude productive, ou comment traiter les risques potentiels des nano-objets (1) ?

Les risques liés aux nano-objets manufacturés font l'objet de nombreux questionnements dans les sphères administratives. On peut définir les nano-objets comme des assemblages atomiques dont au moins une des dimensions est de l'ordre du nanomètre et qui tirent leur propriété spécifique de leur taille. Ces substances sont aujourd'hui utilisées dans de nombreux procédés et produits industriels (2) : les nanotubes de carbone, les fullerènes, le dioxyde de titane, les nanoparticules d'argent et d'or sont les principales substances concernées. Aux risques liés à la sécurité des travailleurs, s'ajoutent, du fait de la présence de nano-objets dans de nombreux produits de consommation courante, des risques potentiels pour les consommateurs, et des impacts encore incertains pour les milieux naturels.

par Brice LAURENT*

A la potentialité des risques sanitaires répond la volonté de développer une démarche dite « d'innovation responsable ». Pour la politique scientifique, l'innovation responsable consiste à « minimiser les risques et à maximiser les bénéfices » (3). Il s'agirait alors de prendre en compte les risques éventuels, le plus en amont possible, afin d'éviter une éventuelle crise sanitaire. Or, les risques liés aux nano-objets sont loin d'être parfaitement définis et évaluables. Comment sont donc traités les risques des nano-objets dans un contexte d'incertitude ?

On verra, dans un premier temps, que les administrations française et américaine considèrent l'incertitude comme un obstacle qu'il faut surmonter en tentant de rassembler des informations sur les nano-objets, mais également sur les « publics » susceptibles d'exprimer certaines craintes ou attentes à prendre en compte dans le traitement des risques. Ces tentatives se heurtent à de grandes difficultés, qui ne sont pas anodines. En effet, l'incertitude est consubstantielle aux problèmes posés par les nano-objets. Elle est « ontologique », au sens où elle se rapporte à l'existence même des nano-objets et du public concerné. Certains tentent pourtant d'éliminer cette incertitude : le cas des nanoparticules d'argent va nous permettre de décrire deux tentatives allant dans ce sens. On verra, en dernier lieu, qu'il est possible de reformuler le problème de l'incertitude : au lieu de la considérer comme un obstacle, il est possible de la rendre productive et même politiquement opportune.

L'incertitude comme obstacle à surmonter

Rechercher des informations sur la production des nano-objets

L'importance prise par le discours de l'innovation responsable a conduit les administrations à se pencher sur les risques éventuels des nano-objets. En France, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a ainsi été saisie, par trois fois, au sujet des nanomatériaux (la dernière saisine relative aux produits de consommation est en cours). Les rapports successifs de l'AFSSET (4) ont permis d'identifier un problème « d'information ». Ils insistent sur la nécessité de poursuivre des recherches toxicologiques et de mieux identifier les activités industrielles qui utilisent des nano-objets. De même, aux Etats-Unis, l'*Environmental Protection Agency* (EPA) multiplie les prises de position dans lesquelles cette agence appelle à « plus de recherche », à « plus de travaux » sur les nano-objets, et déplore le manque « d'information » disponible.

Les deux agences précitées considèrent qu'il est nécessaire d'obtenir des informations de la part des industriels. Par exemple, le rapport 2006 de l'AFSSET, consacré à la sécurité au travail, s'appuie sur un questionnaire envoyé aux industriels français, dont l'objectif était de cartographier

l'utilisation des nanomatériaux dans les procédés industriels, et d'identifier les pratiques adoptées pour assurer la sécurité des travailleurs. Ce questionnaire a suscité peu de réponses (39 retours sur les 219 questionnaires envoyés). De la même façon, l'EPA a lancé, en janvier 2008, le *Nanomaterial Stewardship Program* (NMSP), invitant, lui aussi, les industriels à fournir des informations sur les nanomatériaux qu'ils utilisent. Malgré les revendications de certains acteurs associatifs qui jugent nécessaire de rendre obligatoire la déclaration de la production ou de l'utilisation de nanomatériaux (5), le NMSP demeure un programme basé sur le volontariat. Dans un rapport intermédiaire publié, en janvier 2009, l'EPA a annoncé que quatre entreprises sont impliquées dans la partie du NMSP la plus exigeante en termes d'informations à fournir.

Les entreprises ont peu d'intérêt à participer à ce type de programmes volontaires, qui mobilisent des ressources sans que l'industriel y voie toujours un avantage. Dès lors, il n'est pas surprenant de constater que les industriels aient quelques difficultés à se plier à l'exercice du questionnaire ou de la déclaration volontaire, d'autant qu'ils peuvent ignorer quels sont les nano-objets avec lesquels ils travaillent, voire utiliser d'autres définitions que celles retenues par les agences qui les contactent. Un exemple est fourni par l'AFSSET elle-même : « Les entreprises qui manipulent des agglomérats ont tendance à considérer qu'il ne s'agit pas de nanomatériaux, et de ce fait ne se sentent pas concernées par ce questionnaire, alors que l'AFSSET considère les agrégats comme faisant partie des nanomatériaux. » (6).

Recherche des informations sur le « public » concerné

A la recherche d'informations sur les risques techniques, s'ajoute une volonté de s'informer sur le « public ». Dès le lancement du programme nanotechnologies aux Etats-Unis, la « crise des OGM » fait figure de contre-exemple : il faut éviter un rejet massif de la part du grand public. Que la « crise des OGM » ait ou non une existence réelle (7), la référence sert en tout cas à poser la nécessité de l'évaluation des attentes et des craintes du « public ». Les objectifs de cette évaluation sont bien souvent ambigus. Elle est cependant de plus en plus liée au processus proprement dit de l'évaluation des risques. Un bon indicateur de l'importance prise par la recherche d'informations sur le public est un rapport écrit, en 2006, par le Directeur, lui-même, de la *National Nanotechnology Initiative* américaine et Ortwin Renn, un chercheur spécialisé en étude des perceptions des risques. Le rapport (8) propose d'inclure dans la phase d'évaluation du risque un « nouvel élément », à savoir celui de « l'évaluation des sujets d'inquiétude » (9), qui recouvre aussi bien les « impacts physiques » définis par « les meilleures analyses scientifiques » que « les impacts sociaux attendus des applications des technologies ». « L'évaluation des sujets d'inquiétude » est « liée à la perception du risque et aux inquiétudes des parties prenantes. » Le rapport précise, par ailleurs, que la phase dite de « caractérisation du

risque », doit inclure « l'équilibre » entre les bénéfices attendus et les risques potentiels : il est donc nécessaire d'évaluer les « besoins sociaux » que les nanotechnologies pourraient satisfaire. A la quête d'informations sur les risques techniques, s'ajoute ainsi la recherche d'informations sur le « social ». Or cette « information » s'avère là encore difficile à obtenir : plusieurs études montrent que la connaissance du domaine des nanotechnologies et l'intérêt pour celui-ci sont très faibles dans le grand public. Les quelques groupes issus de la société civile ayant pris position sur ce sujet l'ont fait dans des termes qui ne rentrent pas dans les cadres de l'innovation responsable : l'ONG canadienne ETC Group propose ainsi, dès 2003, l'adoption d'un moratoire sur l'utilisation des nano-produits, tandis que le groupe grenoblois PMO poursuit, depuis quelques années, une stratégie de dénonciation vigoureuse des politiques de développement technologique fondées sur les nanotechnologies. Pour ces derniers, il ne s'agit certainement pas de revendiquer un point de vue dans la définition des bénéfices et des risques liés aux nano-objets, mais bien de contester la validité même de l'ensemble du programme des nanotechnologies. En conséquence, la volonté des promoteurs de l'innovation responsable d'obtenir des informations sur les « attentes sociales » se heurte à une ambivalence : le « public » associé aux nano-objets est tiraillé entre un grand public qui ne s'intéresse pas au sujet, et des groupes soupçonnés d'être trop radicaux.

Des incertitudes ontologiques

Le problème de la gestion de l'incertitude liée aux nano-objets est donc posé par les administrations en termes de recherche d'informations : l'incertitude est un obstacle à surmonter par l'acquisition de données. Or les difficultés d'obtention de l'information sur les nano-objets et leurs « publics » ne se résument pas à un simple obstacle technique qui pourrait être surmonté à force d'investissements : l'incertitude sur l'existence même des nano-objets et des « publics » associés rend l'accès à l'information intrinsèquement problématique.

Quelle existence réglementaire pour les nano-objets ?

Aux Etats-Unis, un produit chimique pour lequel des questions de toxicité sont susceptibles de se poser peut relever du *Toxic Substance Control Act* (TSCA), loi par laquelle est mis en place un inventaire des produits chimiques utilisés par les industriels, et pour lesquels des études de risques doivent être réalisées par le producteur. Les substances inscrites au TSCA sont dites « existantes » (*existing*). Tout producteur voulant mettre sur le marché un produit chimique ne figurant pas à l'inventaire doit faire une demande à l'EPA. Dans le cas particulier d'une nanoparticule, toute la question est donc de savoir si elle est « existante » ou non. Au sens du TSCA, l'existence est définie via des critères de distinction entre substances chimiques. Deux substances sont distinctes si elles ont des for-

mules chimiques différentes, si ce sont des isomères, des allotropes ou des isotopes, ou bien si elles ont des arrangements cristallins différents. Cette définition ne s'applique pas à une substance qui diffère en taille, et en taille seulement, quand bien même cette substance de taille réduite aurait des propriétés nouvelles du fait de sa dimension. En France, la réglementation des produits chimiques est déterminée par le droit européen. Depuis 2006, la directive REACH impose aux industriels la déclaration des substances chimiques produites, sous certaines conditions de tonnage. De même que le TSCA, REACH ne permet donc pas de distinguer entre deux entités chimiques qui ne différeraient que de par leur taille.

Ainsi, un assemblage d'atomes d'argent dont la dimension est inférieure à 100nm, quand bien même cette dimension entraînerait des propriétés différentes, ne peut donc être considéré comme une substance distincte de l'argent, aux Etats-Unis comme en Europe. Les nanoparticules d'argent et d'or sont, par exemple, dans ce cas.

Faire exister les nano-objets : un problème de caractérisation et de stabilité

Evaluer la présence de nano-objets suppose de disposer d'instruments capables d'évaluer la taille des nano-objets. Or, s'il est possible de réaliser un échantillonnage de taille en utilisant des méthodes de diffraction pour des particules de taille supérieure à 100nm, cette méthode n'est plus utilisable pour des particules plus petites. Il est alors nécessaire d'utiliser une méthode de comptage par microscopie sur un échantillon. Pour certaines nanoparticules, les distributions de taille peuvent être mal contrôlées et incertaines. Par exemple, des solutions d'argent colloïdal peuvent contenir des particules de tailles très variables. Par ailleurs, les nano-objets sont rarement isolés. Au cours du processus industriel, ils peuvent être constitués d'un noyau recouvert d'une pellicule de nature différente, qui servira, par exemple, à limiter l'agrégation des particules entre elles. Ils peuvent, au contraire, être inclus dans des agrégats, dont les propriétés en seront modifiées. Du fait de l'incertitude sur la caractérisation des nano-objets, il est difficile de pouvoir les localiser avec certitude dans le paysage industriel. Les industriels eux-mêmes peuvent rencontrer des difficultés pour évaluer la présence (ou l'absence) des nano-objets dans les produits qu'ils utilisent en tant que matière première.

A cela s'ajoute un problème de stabilité dans les milieux naturels. La durée de vie des nano-objets n'est pas éternelle : ils peuvent rapidement s'agréger et former des agrégats suffisamment volumineux pour ne plus avoir les mêmes propriétés (y compris toxicologiques). Si on veut, par exemple, décrire le devenir d'une nanoparticule dans un milieu naturel, il faut tenir compte de son potentiel de précipitation ou de ses facultés d'agglomération avec d'autres éléments. Dernière difficulté, il existe de nombreuses nanoparticules naturelles : les différencier dans un milieu naturel des nanoparticules manufacturées peut s'avérer complexe.

L'incertitude à propos du public concerné est inhérente aux problèmes posés par les nano-objets

Les difficultés d'information sur les attentes et les craintes de la société ne sont-elles dues qu'au déficit de connaissance de la part du grand public et à la radicalité de quelques groupes trop extrêmes dans leurs critiques ? Outre les rares organisations très tôt mobilisées et réfractaires aux cadres de l'innovation responsable, d'autres associations interviennent dans le domaine des nanotechnologies. Certaines d'entre elles initient des regroupements entre organisations. Par exemple, une coalition d'ONG, menée par l'organisation américaine *International Center for Technology Assessment* a formulé, en 2007, des « principes fondamentaux pour le suivi des nanotechnologies », lesquels soulignent l'importance d'une régulation spécifique des nano-produits, de la transparence des procédés et de la participation de la société civile à la prise de décision. En France, l'association *Vivagora* a récemment initié une *Alliance Citoyenne sur les Enjeux des Nanotechnologies*, dont l'objectif est de réaliser un travail de veille sur les développements des nanotechnologies. Ces groupements inter-associatifs visent à inventer de nouvelles formes d'actions militantes sur un domaine technique encore mal défini : ils s'organisent pour mettre en place, par exemple, des processus de veille citoyenne pour suivre les travaux de toxicologie, un partage de ressources pour des recours juridiques, des interventions communes au sein de débats publics. Loin de se réduire à la représentation des « attentes et des inquiétudes » de la société, ces initiatives conduisent donc à constituer des « publics » aux actions variées, qui concernent à la fois les risques et les modalités de leur traitement. Ces groupements associatifs sont en cours de formation : tout l'objet de ce travail de constitution est de définir à la fois les positions des acteurs de la société civile et les façons dont ils peuvent les faire entendre. Du fait de la situation, en émergence, des problèmes posés par les nano-objets, l'obtention d'informations sur les « attentes et les craintes » via la mobilisation du public associatif ne peut donc qu'être incertaine.

Une incertitude ontologique

L'incertitude sur les informations à obtenir à propos des nano-objets et de leurs publics leur est donc consubstantielle. Non seulement il n'y a pas d'accord sur les termes pouvant servir de définitions, mais, de plus, les nano-objets comme leurs publics sont instables et donc difficilement caractérisables. On peut donc qualifier l'incertitude d'« ontologique », au sens où l'existence même des nano-objets et de leurs « publics » est incertaine. Si, comme le sous-tendent les tentatives d'obtention d'informations, l'incertitude est un obstacle à surmonter, la gestion des risques des nano-objets s'annonce complexe. Une réponse à cette difficulté peut être de tenter d'éliminer l'incertitude-obstacle. Un exemple précis constitue une illustration intéressante de ces tentatives d'élimination : il s'agit de celui des

nanoparticules d'argent, dont les propriétés biocides sont employées dans des produits de consommation courante.

L'élimination de l'incertitude-obstacle : l'exemple des nanoparticules d'argent (10)

On retrouve dans le cas des nanoparticules d'argent, toutes les incertitudes « ontologiques » décrites précédemment : l'impossibilité de caractériser avec précision ces nano-objets, ou de les différencier des autres formes de l'argent. La spécificité même de leurs propriétés par rapport à d'autres formes de l'argent est elle-même discutable. Les consommateurs des produits comportant des nanoparticules d'argent ne sont pas constitués en groupe stabilisé. Des industriels utilisent l'appellation « nano-argent » sans que la substance correspondante n'ait de définition précise. Or, les propriétés biocides (d'ailleurs bien connues) de l'argent font s'interroger sur le surcroît de toxicité des nanoparticules d'argent, dont l'utilisation (en augmentation) pourrait avoir des conséquences néfastes sur les milieux naturels.

Un rapport sur le sujet a été rédigé, en 2007, par le toxicologue Serge Luoma dans le cadre du *Project on Emerging Technology* (PEN) du *Woodrow Wilson Center*, un *think tank* américain. En considérant que la toxicité de l'argent est connue et que les effets spécifiques des nanoparticules d'argent sont pour leur part difficilement évaluables, le rapport Luoma conclut que la variable pertinente pour évaluer les risques véhiculés par lesdites nanoparticules est la concentration globale en argent, et ce indépendamment des formes adoptées par cet élément. Les nanoparticules d'argent sont ainsi considérées comme une source supplémentaire d'argent.

Pour d'autres acteurs, la bonne démarche consiste, au contraire, à mettre en avant les spécificités des nanoparticules d'argent en montrant que ces substances ont des effets dépendant directement de leur taille. Par exemple, une pétition visant à réclamer l'inscription du « nano-argent » sur la liste des pesticides a été envoyée à l'EPA par une coalition d'ONG conduite par l'*International Center for Technology Assessment* (ICTA). La pétition a mobilisé les travaux des chimistes qui ont isolé les nanoparticules d'argent et démontré qu'il s'agit d'un élément chimique particulier qui doit être traité en tant que tel.

Dans le premier cas, la question de l'information sur les nanoparticules ne se pose plus : seule compte la quantité globale d'argent. Dans le second cas, le problème est considéré comme déjà résolu : les quelques études qui identifient un niveau de toxicité spécifique aux nanoparticules d'argent font qu'il est nécessaire de leur accorder une existence réglementaire.

L'information sur le social est un élément central dans ces deux cas, qui proposent chacun une façon différente de l'obtenir. Pour le PEN, le travail d'expertise technique doit se doubler d'une mesure des attentes sociales, par l'intermédiaire d'études de perception et/ou de *focus groups*. Pour l'ICTA, les attentes et les craintes de la société ne peuvent être comprises sans prendre en compte l'intervention de la

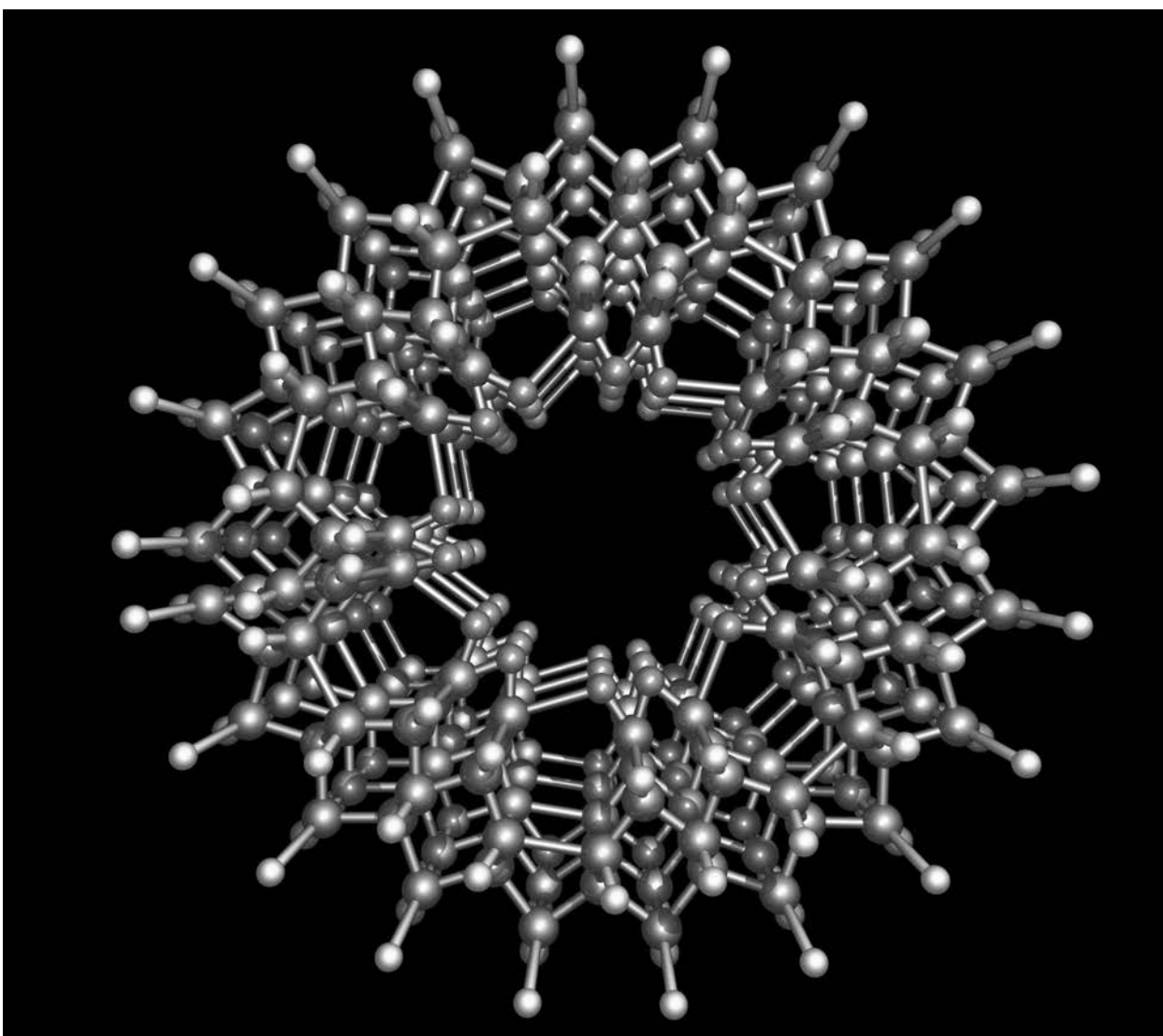
société civile organisée, en particulier les quelques organisations déjà mobilisées sur les questions de régulation des produits chimiques. En menant des initiatives sur le terrain du droit, celles-ci jouent le rôle de « lanceurs d'alerte » et permettent ainsi la prise en compte des risques chimiques au niveau de la régulation (11).

On a donc, ici, deux tentatives de résolution de l'incertitude « ontologique ». Dans le premier cas, le problème de l'information sur les nano-objets est ramené au cas connu du matériau « non nano » et l'information sur le social est assurée par un dispositif expert de mesure. Dans le second cas, l'information sur les nano-objets est supposée suffisante pour exiger l'adoption d'une réglementation spécifique, tandis que les positions de la société sont supposées être exprimées par une organisation déjà sensibilisée aux questions des risques chimiques. Par des chemins opposés, ces deux approches proposent d'éliminer l'incertitude-obstacle, en supposant résolu le problème de l'accès à l'information. En adoptant le point de vue d'une de ces approches, on ne peut qu'être amené à critiquer celui défendu par la seconde. La discussion semble dès lors être vouée au blocage : ou bien les nanoparticules d'argent existent, ou bien elles n'existent pas ; ou bien il faut mesurer l'avis d'un « grand public » encore ignorant, ou bien ce sont des groupes déjà constitués et mobilisés qui doivent faire entendre leur voix – et on voit mal comment réconcilier ces deux oppositions. Comme nous allons le voir dans la suite de cet article, le traitement de l'incertitude sur les nano-objets n'est pas condamné à ces seules alternatives.

Vers une incertitude productive

Agir en attendant d'avoir l'information

Le domaine de la santé au travail est sensible aux risques potentiels des nanomatériaux. Les nanotubes de carbone sont les premières substances concernées : la proximité de leur structure physique avec celle des fibres d'amiante conduit les acteurs de la santé publique à s'interroger sur les actions à entreprendre, avant même que ne soient disponibles les premières études toxicologiques et épidémiologiques. Ainsi, alors même que les risques sont encore mal évalués, l'AFSSET recommande, dans son rapport consacré à la sécurité au travail, de retenir une approche décrite comme une « démarche de précaution ». La « précaution » préconisée dans ce rapport consiste à limiter au maximum les contacts des travailleurs avec les substances en cause (port de gants, usage de filtres...) (12), tout en recommandant la poursuite des études et le regroupement des informations disponibles. Aux États-Unis, le *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) recommande (sans contrainte légale) une « démarche de précaution maximale » (13), elle aussi fondée sur le confinement. Le NIOSH met en place des dispositifs voués à évoluer au fil de l'avancée des connaissances. Par exemple, les guides de bonnes pratiques sont conçus comme « des documents vivants, revus par une équipe interdisciplinaire d'experts NIOSH à mesure que de



© Ralf Merle/Pasieka-SCIENCE PHOTO LIBRARY-COSMOS

« Les nanotubes de carbone sont les premières substances concernées : la proximité de leur structure physique avec celle des fibres d'amiante conduit les acteurs de la santé publique à s'interroger sur les actions à entreprendre, avant même que ne soient disponibles les premières études toxicologiques et épidémiologiques ». Image informatique d'un tube moléculaire, chaque sphère représentant un atome.

nouvelles données sont disponibles » (14). Ainsi, en attendant que soient exploités les résultats de la recherche ou que soient définis les critères de la régulation juridique des nano-objets, il est possible d'envisager des dispositifs d'action qui reposent sur un niveau de précaution maximal et évoluent en fonction des résultats tirés des recherches engagées (15). Ces démarches proposent donc d'agir sans attendre que l'information soit disponible. Comme dans les cas précédents, l'incertitude est considérée comme un obstacle, mais son franchissement est ici progressif et exige la mise en place de dispositifs palliatifs.

Prendre au sérieux l'incertitude « ontologique »

Il est possible d'envisager des modes d'action politique qui prennent au sérieux l'impossibilité d'obtenir des informations sur le plan technique ou social, et qui, par voie de conséquence, ne cherchent pas à éliminer ou à réduire l'incertitude « ontologique ». La loi dite Grenelle 2, votée en

août de cette année, peut être considérée comme un point de départ sur ce point. Un des articles de la loi prévoit que, dans un délai de deux ans, « la fabrication, l'importation ou la mise sur le marché de substances à l'état nanoparticulaire ou des matériaux destinés à rejeter de telles substances, dans des conditions normales ou raisonnablement prévisibles d'utilisation, fassent l'objet d'une déclaration obligatoire, relative notamment aux quantités et aux usages, à l'autorité administrative ainsi que d'une information du public et des consommateurs. » Certains acteurs associatifs, qui se positionnent en faveur de l'étiquetage des nano-produits, considèrent cette loi comme une arme législative qui permettrait de forcer les industriels à fournir toutes les informations disponibles au consommateur. D'autres, au contraire, considèrent que la formulation « substance à l'état nanoparticulaire » n'est pas suffisamment précise, et ne peut donc prétendre refléter la complexité des définitions des nano-objets. Les deux critiques considèrent donc que la loi doit éliminer l'incertitude « ontologique ». Or, un

dispositif de déclaration et d'information du consommateur – sans doute par le biais d'un étiquetage – définit, par sa nature même, les caractéristiques physico-chimiques à prendre en considération et les méthodes pour le faire. Ainsi, le dispositif d'étiquetage contribue à l'existence même des objets, non seulement en leur donnant un nom, mais aussi en définissant les critères physico-chimiques qui les caractérisent. De plus, en choisissant les éléments jugés pertinents pour le consommateur, le milieu associatif et l'administration en charge du contrôle de l'activité industrielle, l'étiquetage définit ce que sont « les attentes et les craintes de la société » : le dispositif fait donc exister un social correspondant à l'objet pris en charge.

On peut ainsi renvoyer dos à dos les deux critiques de l'article précité de la loi dite Grenelle 2. La déclaration obligatoire par l'étiquetage n'a vocation à être, ni le début d'une démarche de transparence totale en faveur du consommateur, ni l'occasion de mobiliser des critères arbitraires qui représenteraient mal une situation complexe. La déclaration obligatoire combinée avec l'étiquetage est un dispositif qui fait exister les nano-objets et le social qui les accompagnent. Prendre au sérieux ce caractère « ontologique » conduit à considérer le dispositif en question non pas comme un outil donné, mais comme un dispositif dont les modalités sont à construire.

De l'incertitude comme obstacle à l'incertitude comme opportunité

En prenant au sérieux la dimension « ontologique » du dispositif (qui ne « représente » donc plus une réalité déjà effective, mais contribue à la faire émerger), on peut ainsi considérer que le processus d'obtention de l'information, en tant que tel, pourrait être l'objet de la démarche politique de gestion de l'incertitude. Le point de départ de la démarche ne serait plus dès lors l'utilisation d'instruments donnés pour obtenir des informations, mais bien l'ouverture d'un débat sur les modalités de mise en œuvre desdits instruments, comme celles du recours à l'étiquetage. Quelles caractéristiques doit-on mentionner sur les étiquettes ? Quel type de déclaration doit-on imposer ? Quels dispositifs de contrôle doit-on mettre en place ? Telles sont les questions qui doivent être abordées pour construire un dispositif pertinent de déclaration et de traçabilité. En entrant dans le champ de la discussion publique, ces problématiques peuvent devenir des portes d'entrée pour le traitement politique des nano-objets. Il ne s'agit plus de mobiliser des instruments existants pour chercher à décrire des nano-objets déjà présents ou les publics correspondants, mais bien de s'interroger sur les modalités des dispositifs qui constituent les nano-objets et leurs publics. On voit par là que le problème de l'incertitude « ontologique » est déplacé : de l'incertitude perçue comme un obstacle à surmonter, on passe à l'incertitude appréhendée comme une opportunité à faire fructifier (16). Le problème n'est plus dès lors de tomber dans le piège de l'alternative « telle nanoparticule existe ou non », « des groupes mobilisés existent ou non » : la bonne question n'est plus le choix manichéen

(oui/non) de l'existence, mais bien celle des modalités de la constitution des nano-objets et des publics qui leur sont associés.

Conclusion

La situation actuelle des nano-objets est caractérisée par la difficulté rencontrée par les administrations pour obtenir des informations au plan technique comme au plan social, obtention qu'exige pourtant l'engagement des démarches relevant de « l'innovation responsable ». Cette difficulté pour surmonter l'incertitude comprise comme un obstacle n'est pas un hasard : l'incertitude qui caractérise les nano-objets et leurs « publics » est « ontologique ». Des tentatives existent pour éliminer l'incertitude-obstacle, au risque de tomber dans une alternative oui/non vis à vis de l'existence des nano-objets et des publics qui leur sont associés. Le rapport Luoma se rapporte à un cas niant les nano-objets, tandis que l'ICTA milite pour l'existence des nano-objets en tant que tels. Choissant une autre perspective, cet article appelle à prendre au sérieux le caractère ontologique de l'incertitude et à le considérer comme une opportunité permettant de nourrir la discussion politique.

Le cas des nano-objets permet ainsi d'explorer différentes façons de mettre en pratique le principe de précaution. On peut considérer, comme on l'a vu dans le cas des impacts potentiels sur la sécurité au travail, qu'il est nécessaire de mettre en place des précautions maximales en attendant que les informations sur les risques soient disponibles, et de faire évoluer les mesures prises à mesure que progresse la connaissance. La « précaution » consiste alors à considérer que l'incertitude est un obstacle, dont le franchissement ne pourra intervenir que de manière graduelle. On peut aussi envisager que la précaution est une démarche d'exploration : on considère alors que l'incertitude est une opportunité de construction collective, qui inclut activités de recherche scientifique, réflexions sur les outils administratifs et constitution des publics concernés. Dans une situation où l'incertitude porte sur l'existence même des problèmes techniques comme des groupes sociaux concernés, la mise en discussion des instruments de traitement des risques peut fournir un point d'entrée pour une expertise collective des problèmes et des façons de les traiter. L'examen des composantes de l'étiquetage peut constituer un tel point d'entrée. Celui des modalités de l'évaluation risques/bénéfices pourrait en être un autre. L'incertitude apparaît alors comme une situation productive : c'est une occasion d'expérimentation politique, qui conduira, peut-être, à inventer de nouvelles formes de traitement des risques technologiques.

Notes

* CSI – Mines ParisTech.

(1) Je remercie Nicolas Benvegno et Benjamin Lemoine pour leurs remarques sur des versions précédentes de ce texte.

(2) On parle plus généralement de nanomatériaux pour désigner des composés dont la structure a au moins une des dimensions inférieure

à 100nm (définition adoptée par l'AFSSET). Les nanoparticules sont des nano-objets dont les trois dimensions sont inférieures à 100nm.

(3) L'expression « innovation responsable » est fréquente dans les rapports de l'administration américaine consacrés aux nanotechnologies. Elle a été reprise aux niveaux français et européen.

(4) *Effets des nanomatériaux sur la santé de l'homme et sur l'environnement*, 2006 ; Nanomatériaux et sécurité au travail, 2008.

(5) Par exemple, Richard Denison de l'association *Environmental Defense* intervint vigoureusement en ce sens lors de la réunion publique de lancement du NMSP.

(6) *Journal de l'Environnement* du 1^{er} août 2008, interview de Denis Vernez, adjoint au chef du département des expertises en santé environnement travail à l'AFSSET. Dans cet extrait, « agrégats » et « agglomérats » sont considérés comme des synonymes.

(7) La réalité de cette « crise » et la pertinence de la référence à celle-ci peuvent en effet être critiquées (Rip, A, 2006, *Folk theories of nanotechnologists*, *Science as Culture*, Vol. 15, No. 4, 349 – 365).

(8) Rapport de l'*International Risk Governance Council*, 2006.

(9) Toutes les expressions entre guillemets de ce paragraphe sont extraites du rapport IRGC (pp. 44 et 45), la traduction est de mon fait.

(10) Je synthétise ici les arguments détaillés dans un travail récent à paraître, Laurent Brice, 2010, *Participation du public et nanoparticules. Traiter les risques des nanoparticules d'argent en démocratie*, in Lacour S., *Clair-obscur normatif. La régulation des nanotechnologies*, Bruxelles, Larcier.

(11) L'importance du terrain du droit est caractéristique de la situation américaine : Jasanoff, S, 1990, *Science at the Bar*, Cambridge, MIT Press.

(12) AFSSET, *Nanomatériaux et sécurité au travail*, 2008.

(13) NIOSH, 2009, *Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles*.

(14) Murashov, V et J Howard, *Essential features for proactive risk management*, *Nature Nanotechnology*, 4 août 2009 : 467-470 : p. 468.

(15) Cette posture est opérationnalisée par la démarche dite de *control banding*, qui consiste à effectuer une évaluation qualitative des risques, évolutive au fur et à mesure de l'avancée des connaissances. En cas d'incertitude, un niveau élevé de danger est attribué d'emblée.

(16) Le Nanoforum, organisé par le CNAM et l'association *Vivagora*, a permis de mettre au cœur du débat les instruments que sont l'analyse risques/bénéfices et l'étiquetage. Une telle initiative va dans le sens décrit dans cet article (Dab, William et al., 2009, *Risques et bénéfices des nanotechnologies : le besoin de nouvelles formes de débat social. Premier bilan du Nanoforum du Cnam*, article paru dans le numéro 55 (Juillet 2009) (p. 55 – 61) de « Responsabilité et environnement », publication des *Annales de Mines* ; Laurent B., 2010, *Participation du public et nanoparticules. Traiter les risques des nanoparticules d'argent en démocratie*, in Lacour S., *Clair-obscur normatif. La régulation des nanotechnologies*, Bruxelles, Larcier.

De l'incertitude à la précaution : le rôle de la métrologie

Beaucoup de décisions se prennent à partir de résultats de mesures. Ces résultats de mesures sont assortis d'une incertitude. Pour asseoir la pertinence de la décision, il est indispensable de maîtriser les incertitudes, qui restent un excellent moyen d'accéder à une interprétation intelligente des résultats de mesures. Il est essentiel que tout utilisateur de résultats de mesures ait une appréciation de la fiabilité et de la qualité de l'information qu'il va utiliser. La maîtrise des incertitudes est un des deux enjeux essentiels de la métrologie, avec la mise à disposition de références fiables et stables. C'est ce qui explique le choix des thèmes traités dans cet article. Nous avons fait le choix de retenir une approche large de la façon dont la science de la mesure (la métrologie) permet à un industriel ou à la société de maîtriser le processus de mesure.

L'accès à une connaissance passe bien souvent par la détermination d'un nombre, et la mesure qui fournit ce nombre ne peut se concevoir sans unité, étalon et instrument de mesure. Ceci est la raison d'être de la métrologie qui n'est pas seulement une discipline particulière des sciences physiques et chimiques, mais le socle de nos activités quotidiennes. À l'instar de Monsieur Jourdain qui faisait de la prose sans le savoir, nous utilisons tous la métrologie sans en avoir réellement conscience.

par Jean-Luc LAURENT* et Benoît GAUMONT**

La maîtrise des incertitudes ?

Quelques citations en introduction...

« Le doute est un état mental désagréable, mais la certitude est ridicule » (Voltaire, 1740).

« Si vous pouvez mesurer ce dont vous parlez, et l'exprimer par un nombre, alors vous connaissez quelque chose de votre sujet. Si vous ne le pouvez, votre connaissance est d'une bien pauvre espèce et bien incertaine ». (Lord Kelvin, physicien britannique, 1900).

« La quantophrénie est l'illusion qui consiste à croire que la réalité peut être comprise et maîtrisée à condition de pouvoir la mesurer » (Pitirim Sorokin, sociologue américain, 1950).

Le concept d'incertitude en matière de mesure

Mesurer c'est quoi ?

Mesurer, c'est compter ; c'est donc exprimer sous la forme d'une valeur numérique, la grandeur physique qui caractérise l'état du système que l'on cherche à définir. Plus

précisément, mesurer, c'est comparer, à l'aide d'un instrument, une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie. C'est exprimer le résultat de cette comparaison à l'aide d'une valeur numérique, associée à une unité qui est celle de la référence. Cette valeur est toujours assortie d'une incertitude qui dépend à la fois des qualités de l'expérience effectuée et de la connaissance que l'on a de la référence et de ses conditions d'utilisation.

La notion de « mesurande »

Pour effectuer une mesure, il est important de savoir exactement quelle grandeur on souhaite mesurer. Dans de très nombreuses situations la grandeur effectivement mesurée est différente de celle que l'on cherche à quantifier.

Un exemple classique est celui de la mesure des températures : soit un thermocouple plongé dans un liquide ; après un temps infini, le liquide et l'élément sensible du thermocouple présentent une température identique, mais, dans la réalité, le phénomène d'inertie thermique fait qu'il existe une différence. Cette différence peut être fondamentale si on cherche une détermination précise à un instant donné.

La notion de « mesurande », c'est définir exactement la grandeur que l'on souhaite mesurer, c'est aussi prendre conscience que la mesure obtenue va être légèrement différente de la réalité et donc tenter d'estimer le biais systématique qui va affecter notre mesure.

La spécification d'un « mesurande » nécessite la connaissance de la nature de grandeur ainsi que la description de l'état du phénomène, du corps ou de la substance dont la grandeur est une propriété, en tenant compte de tout constituant pertinent et des entités chimiques en jeu.

Il se peut que le « mesurage », notion qui englobe le système de mesure adopté et les conditions dans lesquelles le « mesurage » est effectué, modifie le phénomène, le corps ou la substance, de sorte que la grandeur mesurée peut différer du « mesurande ». Dans ce cas, l'apport d'une correction appropriée est nécessaire.

Exemple 1 : la différence de potentiel entre les bornes d'une batterie peut diminuer lorsqu'on la mesure en employant un voltmètre ayant une conductance interne importante. La différence de potentiel en circuit ouvert peut alors être calculée à partir des résistances internes de la batterie et du voltmètre.

Exemple 2 : la longueur d'une tige en équilibre avec une température ambiante de 23°C sera différente de celle mesurée à la température spécifiée de 20°C, qui est le « mesurande » (1). Dans ce cas, une correction sera nécessaire.

L'incertitude

Caractériser la qualité du résultat d'un « mesurage », c'est évaluer et exprimer son incertitude. Ce terme à connotation plutôt négative montre notre degré d'ignorance et de doute sur le résultat, mais c'est en fait un précieux outil pour caractériser la qualité des résultats de mesures et, plus généralement, de l'information apportée par ces résultats.

De nombreuses causes d'erreur viennent, en effet, affecter le résultat brut d'un « mesurage » : la grandeur mesurée peut parfois être elle-même mal définie. Elle varie dans le temps ou dans l'espace, elle peut être affectée par le procédé de mesure. Les capteurs et instruments utilisés peuvent également présenter des défauts. Le mode opératoire utilisé produit lui aussi des erreurs. De nombreuses « grandeurs d'influence », se rapportant, en particulier, aux conditions d'ambiance, influent sur le résultat... Nous devons donc introduire des corrections pour compenser ces erreurs. Le résultat obtenu n'est pas une valeur certaine : il est la résultante de mesures présentant une certaine dispersion. De plus, il existe une certaine méconnaissance de la valeur de chaque correction apportée individuellement, et donc de la correction totale. En effet, le résultat de mesures est un ensemble de valeurs numériques ne présentant pas toutes la même probabilité. Une fois prises en compte toutes ces causes d'erreur, on appelle « incertitude de mesure » le paramètre associé au résultat qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au « mesurande ».

En l'absence de données d'incertitude, la comparaison des résultats entre eux perd toute pertinence, voire se révèle

le impossible. Comment savoir, sans connaître l'incertitude, si une grandeur a évolué, si telle pièce peut ou non s'imbriquer avec telle autre (fabriquée à l'autre bout du continent), si tel procédé de mesure conduit au même résultat, ou si la différence éventuellement observée ne tient qu'à des phénomènes aléatoires mal maîtrisés dont l'origine peut être intrinsèquement liée à la grandeur elle-même ? Comment, dans des conditions analogues, comparer un résultat à des valeurs de référence spécifiées, par exemple, par une norme, dans un texte réglementaire ou un contrat, et donc comment garantir la conformité du produit ou du système ainsi caractérisé ?

A notre époque de développement mondial du commerce, il est impératif que la méthode d'évaluation et d'expression des incertitudes soit uniforme à l'échelle mondiale, de manière à pouvoir comparer facilement des « mesurages » effectués dans des pays différents. C'est donc tout naturellement que le guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM, NF ENV 13005) est devenu le document universel de référence en la matière.

Mesure ou « mesurage » ?

Le mot « mesure » a plusieurs significations dans la langue française courante. C'est la raison pour laquelle le mot « mesurage » a été introduit afin de pouvoir qualifier l'action de mesurer. Suivant en cela l'usage courant, le mot « mesure » intervient cependant à de nombreuses reprises pour former des termes sans ambiguïté. On peut citer, par exemple : instrument de mesure, appareil de mesure, unité de mesure, méthode de mesure. Cela ne signifie pas pour autant que l'utilisation pour ces termes du mot « mesurage » au lieu de celui de « mesure » ne soit pas admissible dès lors que l'on y trouve quelque avantage.

Qu'est-ce que la traçabilité ?

Dans la définition de la mesure donnée précédemment, on voit apparaître les notions de référence et de traçabilité.

Mesurer a aussi pour finalité d'asseoir les résultats de mesures sur des bases reconnues sans équivoque par plusieurs partenaires, que ce soit à des fins scientifiques, commerciales ou d'expertise légale. Il est donc essentiel de disposer de références. Si ces références sont communes et partagées, alors on pourra comparer les résultats de mesures obtenus par différents laboratoires, dans des pays ou continents différents. Si les références restent stables dans le temps, les mesures du passé pourront être comparées à celles opérées dans le futur. Sans références les mesures perdent leur sens. Cette référence pour une organisation donnée peut constituer la référence de travail, qui sera périodiquement étalonnée par comparaison (à nouveau !) à une référence d'incertitude plus faible, c'est-à-dire située à un niveau plus élevé dans ce qu'on appelle la hiérarchie d'une chaîne d'étalonnage.

A mesure que l'on progresse dans cette hiérarchie, les comparaisons sont réalisées selon des méthodes et des procédures de plus en plus élaborées et contraignantes. Le

stade ultime de la hiérarchie nationale est la matérialisation, dite primaire, des unités les plus fondamentales permettant d'accéder à la grandeur. On ne parle plus alors d'étalonnage, mais de mise en pratique de la définition de l'unité.

Seules des intercomparaisons effectuées entre des montages indépendants réalisés par différents laboratoires nationaux de métrologie permettent alors de préciser l'incertitude, qualifiée « d'exactitude de réalisation ».

La science de la mesure

La métrologie est l'ensemble des techniques et des savoir-faire qui permettent d'effectuer des mesures et d'avoir une confiance suffisante dans les résultats obtenus. La mesure est nécessaire à la connaissance, à la prise de décision et à l'action. La logique de toute activité est « observer/mesurer, comprendre, prévoir/agir, mesurer/vérier » : on ne progresse que si l'on mesure.

La naissance du concept d'étalons naturels

Jusqu'au XVIII^e siècle, pour vérifier une mesure (de longueur), on l'introduisait entre les talons (de l'« étalon »), ce qui en usait lentement les faces internes. Il en résultait un allongement progressif de la distance séparant ces faces, et par voie de conséquence, une modification de l'« étalon » (de mesure) lui-même. Cette constatation a incité les savants à chercher dans la Nature un étalon, dont on pourrait retrouver en permanence et sans difficulté la valeur.

A la fin du XVIII^e siècle, le méridien terrestre et l'eau ont été choisis comme bases naturelles du système de mesure, devenant ainsi les premières références « universelles », et donc acceptables par tous.

C'est la loi du 18 germinal an III « relative aux poids et mesures » qui instaure en France l'usage du Système métrique et de la division décimale des nombres.

De récentes découvertes intervenues en physique quantique permettent d'envisager à moyen terme une redéfinition assez profonde des unités du système international de mesure, basée sur des constantes fondamentales de la physique (comme c'est déjà le cas pour le mètre, défini par référence à la vitesse de la lumière, voir l'annexe en page 90).

La naissance de la convention internationale du mètre

Il fallut près de cinquante ans pour que s'impose dans le tissu agricole, artisanal et préindustriel français l'usage des nouvelles unités de mesure. De 1800 à 1840, il régna en France une grande confusion entre « les anciens systèmes de mesure » et le Système métrique. C'est au milieu du XIX^e siècle que commença à se manifester le besoin de disposer d'un système décimal de poids et mesures. Les Expositions universelles de Londres (1851 puis 1862) et de Paris (1855 et 1867), où se confrontèrent des produits originaires de nombreux pays, confirmèrent et amplifièrent ce besoin.

En 1867, un « Comité des poids et mesures et des monnaies » se constitua et adopta, parmi d'autres, la proposition suivante : « le Système métrique est parfaitement propre à être universellement adopté, en raison des principes scientifiques sur lesquels il est établi, de l'homogénéité qui règne dans toutes ses parties, de sa simplicité et de la facilité de ses applications dans les sciences, dans les arts, dans l'industrie et le commerce. »

Les Nations reconnaissaient ainsi, tacitement, au Système métrique le caractère d'un système universel de poids et mesures, dont les unités de longueur et de masse avaient été matérialisées par le Mètre et le Kilogramme des Archives de France.

Une organisation internationale

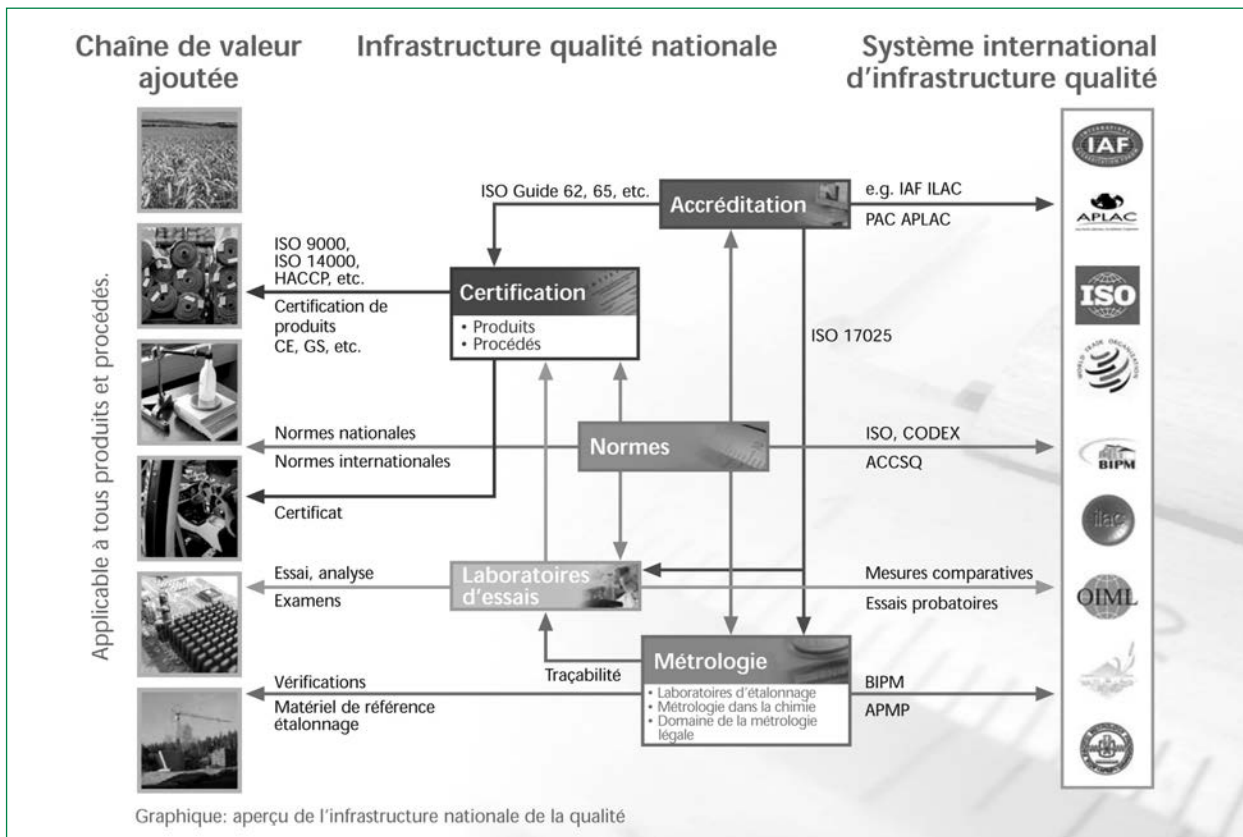
L'obligation de s'adresser à la France pour disposer de copies exactes des étalons risquait de compromettre l'unification souhaitée. Une Commission du Mètre fut donc créée en 1870, prélude à l'internationalisation du Système métrique.

Le 16 novembre 1869, le Gouvernement français envoyait aux États étrangers une invitation à se faire représenter au sein de cette Commission. Vingt-six pays acceptèrent cette invitation, dont dix appartenaient au continent américain (les États-Unis et des pays d'Amérique latine). Après deux années de travail, une quarantaine de résolutions furent adoptées, au rang desquelles figurent la confection des nouveaux prototypes métriques, leur comparaison aux étalons des Archives de France et la création d'un Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) ayant son siège au Pavillon de Breteuil à Sèvres (Département des Hauts-de-Seine). Une Convention du Mètre fut signée à Paris le 20 mai 1875 (signature par 17 États). Elle est toujours en vigueur, et les États membres (53 aujourd'hui) se réunissent au niveau diplomatique tous les 4 ans pour organiser la gestion du Système international d'unités (voir graphique 1).

Le réseau international de l'infrastructure qualité, support de la mondialisation

Aujourd'hui, l'infrastructure qualité désigne l'ensemble des domaines d'activité couverts par les secteurs de la métrologie, de la normalisation et des essais, de la gestion de la qualité, de l'évaluation de la conformité, y compris la certification et l'accréditation. Cette appellation, formalisée par la PTB (*Physikalisch-Technische Bundesanstalt* – le laboratoire national de métrologie allemand), désigne un concept clef, indispensable pour comprendre le socle sur lequel repose le développement des échanges qui fondent la mondialisation.

L'infrastructure qualité œuvre en grande partie dans l'ombre. Les vis vont avec les boulons, les connexions des appareils électroménagers sont compatibles, les téléphones portables fonctionnent et le dosage des substances dans les médicaments est correct. L'infrastructure qualité tient le rôle du moteur, invisible mais indispensable, qui permet au monde économique de tourner. La métrologie est intime-



Graphique 1. Aperçu de l'infrastructure nationale de la qualité.

ment liée à toute activité humaine, qu'elle soit de nature scientifique, industrielle ou commerciale. Les échanges peuvent se faire grâce à elle, à l'échelle de la planète comme à l'échelle locale, dans une logique *plug and play*.

Chaque pays industrialisé dispose d'une infrastructure qualité plus ou moins pertinente, identifiée et coordonnée, au service des acteurs de la chaîne de valeur ajoutée du pays. L'État, en s'appuyant sur son infrastructure qualité, mène des politiques extérieures d'influence dans les pays en voie de développement, plus où moins définies, coordonnées et explicites, en vue de lui permettre de soutenir le développement de son industrie, d'étendre la zone d'influence de son commerce extérieur, et cela au service du développement durable de la planète.

En France, le Laboratoire national de métrologie et d'essais, le LNE, accompagne l'industrie française et se positionne actuellement dans certains pays comme la tête de réseaux des organismes et opérateurs de l'infrastructure qualité française, pour épauler ces pays dans la construction de leur propre infrastructure qualité, en vue de développer leur propre industrie.

La réduction des incertitudes au service de l'industrie

Les enjeux

Dans un contexte d'économie mondialisée, la métrologie est incontournable pour permettre le bon fonctionnement

de l'industrie. Pour garantir la fiabilité et la traçabilité des mesures, l'entreprise industrielle doit mettre en place une véritable gestion des moyens de mesure : il s'agit de la fonction métrologie. Lorsque cette fonction est bien réalisée, elle n'est pas « visible ». En revanche, l'exigence qu'elle requiert, dans la connaissance et la maîtrise des paramètres de conception influents, en fait un socle contribuant à la maîtrise du cœur de métier de l'entreprise industrielle.

Le champ d'utilisation de la métrologie dans l'industrie est très large puisque la plupart des secteurs y font appel. La métrologie industrielle s'est développée, pour l'essentiel, dans les laboratoires d'entreprises manufacturières ou au sein de grandes entreprises utilisatrices d'instruments de mesure. Elle s'est tout naturellement construite, dans un premier temps, autour des métiers de la physique (mécanique et électricité), afin d'y permettre une maîtrise des mesures réalisées dans les unités du Système International (SI) (et dans leurs multiples et sous multiples). Elle vise à fournir des moyens de mesure précis et fiables, qui permettent aux entreprises de mesurer et donc de contrôler leurs processus de fabrication.

Dans l'entreprise, la métrologie intervient tout au long de la vie d'un produit, de la recherche à la mise en service, en passant par la conception. C'est un outil indispensable dans les différentes phases d'élaboration du produit.

L'expérience acquise

Aujourd'hui, la fonction métrologie est bien présente dans l'entreprise industrielle. Les notions de traçabilité

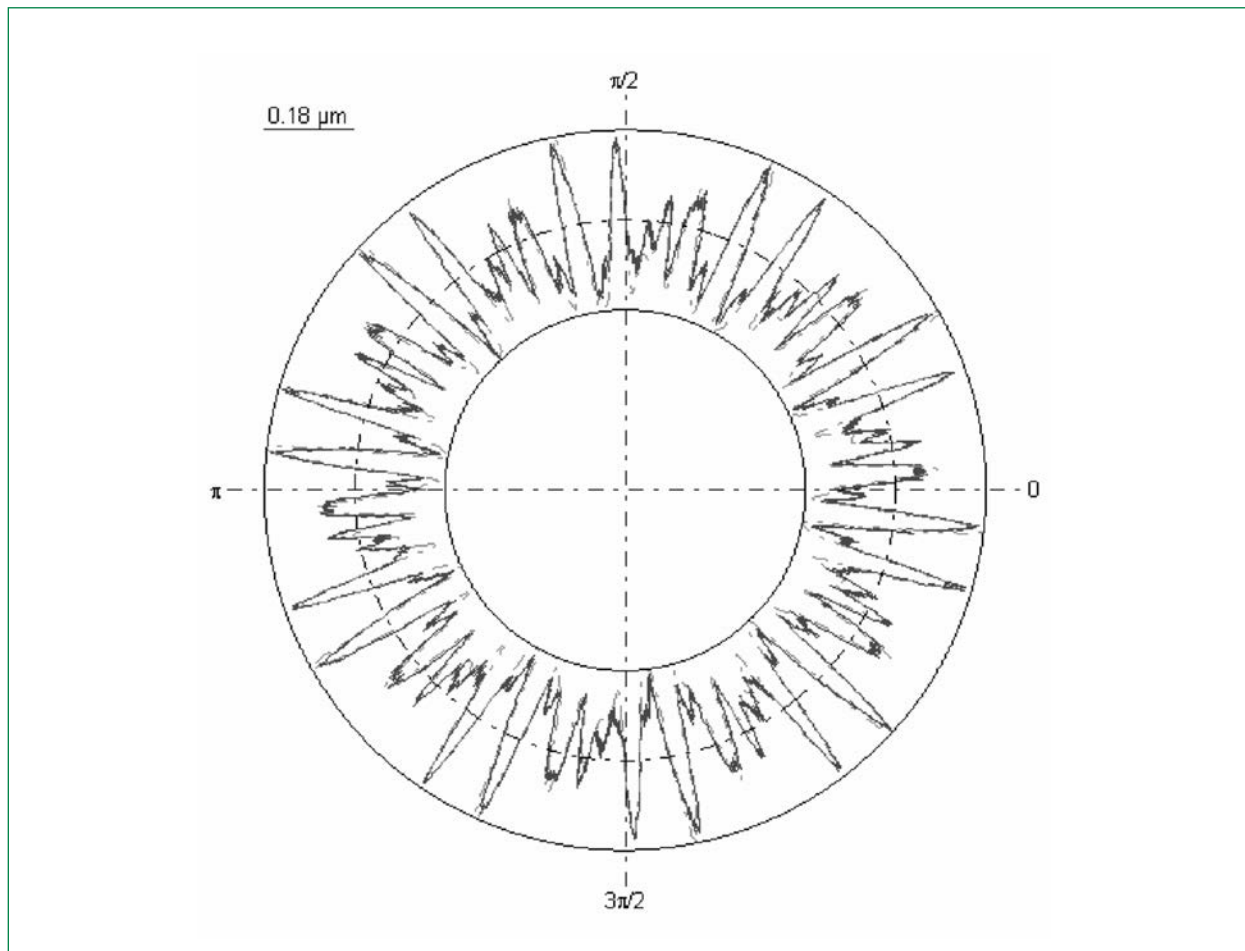


Figure 1. Relevé de profil sur étalon d'amplification à plusieurs motifs d'ondulation.

métrologique, de référence et d'incertitude y sont établies. Les progrès réalisés dans les laboratoires nationaux de métrologie sont transférés aux entreprises et permettent d'aller toujours plus loin dans le développement des technologies de mesurage ou de maîtrise des incertitudes, qui seront ensuite mises à la disposition des utilisateurs. Ces progrès accompagnent l'évolution des technologies et participent à leur développement.

Les aléas (qu'ils soient naturels, liés à la production ou économiques) ont incité les décideurs à s'appuyer sur la réalisation d'essais, de mesures, d'expertises. Dans l'industrie lourde, on observe aujourd'hui une tendance de plus en plus marquée à s'appuyer sur des mesures reposant sur des modèles numériques (*montée en puissance des outils mathématiques, statistiques et de traitement du signal*). La prise en compte des incertitudes dans ces modèles devient une préoccupation globale, qui va bien au-delà des seules mesures physiques et touche à l'estimation de grandeurs, qui ne sont pas directement observables.

La maîtrise des outils de modélisation et de traitement des données devient un enjeu stratégique pour mener à bien, à moindre coût, des projets innovants dans les différents secteurs de l'industrie. La maîtrise des incertitudes, qui entrent en jeu dans ces modélisations, est déterminante pour hiérarchiser les variables d'influence

et, finalement, obtenir des critères de choix pertinents pour décider des actions à mener en vue d'atteindre les objectifs fixés.

A titre d'exemple, dans le monde automobile, la réduction de la consommation de carburant passe par une électronique de plus en plus élaborée, mais aussi et surtout par une maîtrise des jeux et des formes des pièces mobiles du moteur. Pour atteindre le niveau de performance fixé, le Laboratoire national de métrologie doit s'employer à réduire fortement les incertitudes pesant sur les étalons de transfert (en particulier, pour les étalons d'amplification destinés à étalonner les capteurs), et être capable d'apporter de nouvelles informations sur les étalons (étalons avec plusieurs longueurs d'onde *multi wave*), telles que l'analyse spectrale et le niveau d'amplitude d'un défaut pour une longueur d'onde donnée (demande typique de l'industrie dans les secteurs des roulements et de l'automobile) (voir figures 1 et 2).

Le Laboratoire national de métrologie doit également évaluer la qualité des algorithmes et des calculs, composants non négligeables de l'incertitude de mesure. Il doit mettre en place la structure et les outils d'aide à l'évaluation de ces logiciels, tout particulièrement à travers l'élaboration d'algorithmes, de logiciels de référence et de jeux de données étalon. Il utilise des jeux de données, appelés « *soft*

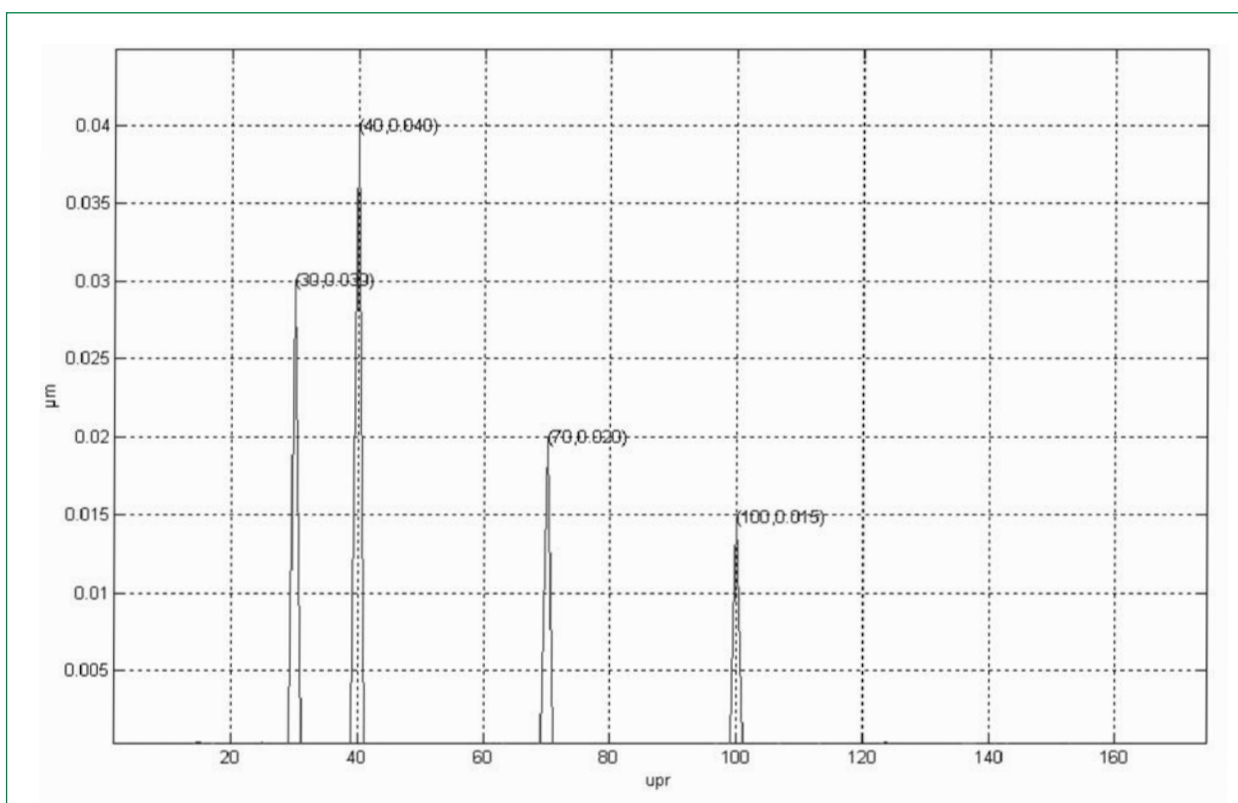


Figure 2. Amplitude des défauts constatés en fonction de la période spatiale.

gauge», qui sont, en quelque sorte, l'équivalent informatique des étalons matériels. Il doit bien sûr former les utilisateurs aux méthodes de vérification, à l'utilisation des logiciels et aux conditions de filtrage, ainsi qu'à la compréhension des normes...

La réduction des incertitudes au service de la santé publique et de l'environnement

Les enjeux

L'un des objectifs principaux de la métrologie est d'apporter la confiance dans les résultats de mesures. Cette confiance s'établit en respectant et en mettant en œuvre deux concepts fondamentaux :

- ✓ la traçabilité métrologique ;
- ✓ et l'évaluation des incertitudes de mesure.

Comme nous l'avons déjà dit, mesurer, c'est comparer une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie par rapport au système international d'unité.

La métrologie chimique et biologique est une science jeune, qui répond à la nécessité croissante d'effectuer des mesures de précision fiables et traçables dans des champs de plus en plus nombreux auxquels on ne songeait même pas il y a encore quelques années. Ces champs correspondent aux domaines prioritaires définis par l'État français ou l'Europe : principalement, les domaines de la santé et de l'environnement.

La transposition dans les domaines de la santé et de l'environnement

Si les concepts de traçabilité et d'incertitude sont déjà largement partagés et mis en œuvre dans les domaines de l'industrie et du commerce, ce n'est pas encore le cas dans les domaines de la santé et de l'environnement, où un travail de transposition est en cours dans les laboratoires nationaux de métrologie de la planète.

Dans le monde de la santé, le LNE travaille à l'amélioration de la qualité des mesures en vue de contribuer à un meilleur diagnostic médical et donc à une meilleure thérapie pour les patients, permettant ainsi de générer des économies pour la société.

En une période où les considérations économiques jouent un rôle primordial, la qualité des mesures redevient un facteur clef et constitue un vecteur de progrès sur lequel il est possible de s'appuyer pour progresser : le manque de confiance dans les résultats génère le développement de « faux positifs » (soigner un bien portant) ou de « faux négatifs » (ne pas soigner un malade), mais induit également la répétition d'analyses et rend difficile la comparaison des études cliniques et épidémiologiques, au plan national comme international.

Dans les domaines de l'environnement, la mise à disposition de références et la fiabilité dans le temps des mesures qu'apporte la métrologie, présentent un intérêt déterminant pour déceler les évolutions lentes de notre environnement.

On soulignera, en particulier, la nécessité de développer les techniques permettant aux différents pays de démontrer

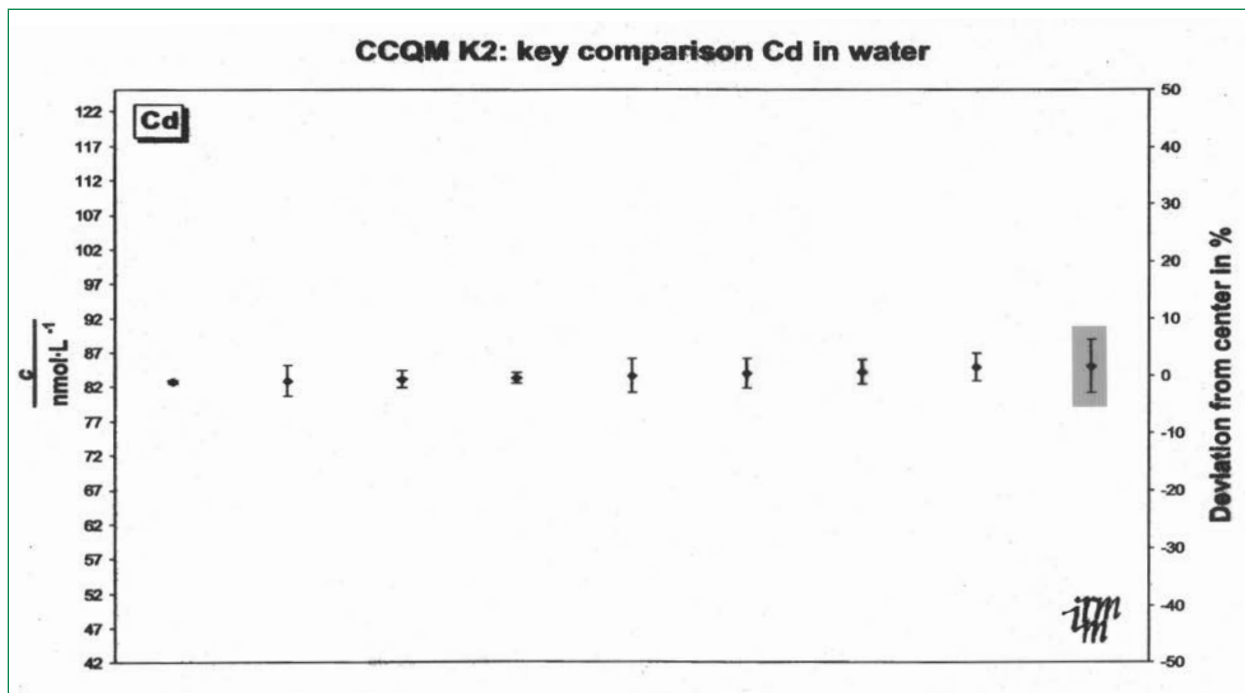


Figure 3. Le même travail a été réalisé pour environ 120 laboratoires de terrain, dans le cadre du programme IMEP (International Measurement Evaluation Program). Le résultat est restitué sur la figure 4 ci-contre.

la cohérence de leurs mesures avec celles effectuées dans les autres pays. Ce travail est indispensable pour accroître la pertinence des décisions politiques qui s'appuient sur ces différentes mesures pour répondre à des problématiques de santé et d'environnement qui, par nature, appellent un traitement à la fois global et local.

Quelques exemples dans le domaine de la santé publique.

Aujourd'hui, 60 à 70 % des décisions médicales sont prises sur la base du résultat d'un test de diagnostic *in vitro*. Les résultats des analyses en biologie médicale ne sont pas toujours traçables par rapport à des références reconnues au plan international. Les incertitudes de mesure ne sont pas toujours évaluées, ou *a contrario* s'avèrent trop élevées. En conséquence, les résultats sont souvent entachés d'un doute. D'un point de vue sanitaire, cette situation entraîne des prises de décisions médicales inappropriées. D'un point de vue économique, cette situation entraîne une multiplication des analyses, et donc des dépenses inutiles :

- ✓ Aux Etats-Unis, 25 à 30 % des dépenses de santé sont aujourd'hui dues à la répétition des analyses, à la prévention et à la détection des erreurs (15-30 milliards de dollars par an).
- ✓ En Allemagne, le coût de la répétition des analyses est de 1,5 milliard d'euros par an.

D'un point de vue scientifique, cette situation se traduit par un manque de données fiables pour permettre la réalisation d'études épidémiologiques et cliniques, et constitue donc un frein à la compréhension des pathologies.

Afin de fiabiliser les analyses médicales, des travaux menés entre les hôpitaux et le LNE ont conduit à développer en commun une méthode d'évaluation des incertitudes pesant sur les résultats des analyses réalisées en biologie médicale (cette méthode a été reprise par le COFRAC et a fait l'objet d'une publication).

Mentionnons par ailleurs la fourniture de méthodes de référence et de matériaux de référence certifiés pour ce qui concerne des molécules d'intérêt biologique, comme le glucose et l'hémoglobine glyquée, en tant qu'indicateurs du diabète (de type II), ou la créatinine en tant que marqueur de l'insuffisance rénale.

En matière de fiabilisation des analyses microbiologiques, on peut citer par exemple :

- ✓ la mise au point d'une procédure de vérification de la température des thermocycleurs utilisés dans le cadre des analyses par PCR (*Polymerase Chain Reaction*) ;
- ✓ la validation métrologique d'un MRC (*Medical Research Council*) de légionelle ;
- ✓ la mise au point de méthodes de référence intéressant d'autres bactéries d'intérêt public.

Exemples dans le domaine de l'environnement.

Le cadmium dans l'eau :

Dans le cadre des travaux menés au BIPM, une comparaison internationale (comparaison clef), associant différents laboratoires nationaux de métrologie, a été réalisée, entre 1998 et 1999, pour déterminer la concentration du cadmium dans l'eau de rivière aux Etats-Unis (2). Il s'agit, bien sûr, de la mise en œuvre d'une méthode primaire. On observe sur le graphe une

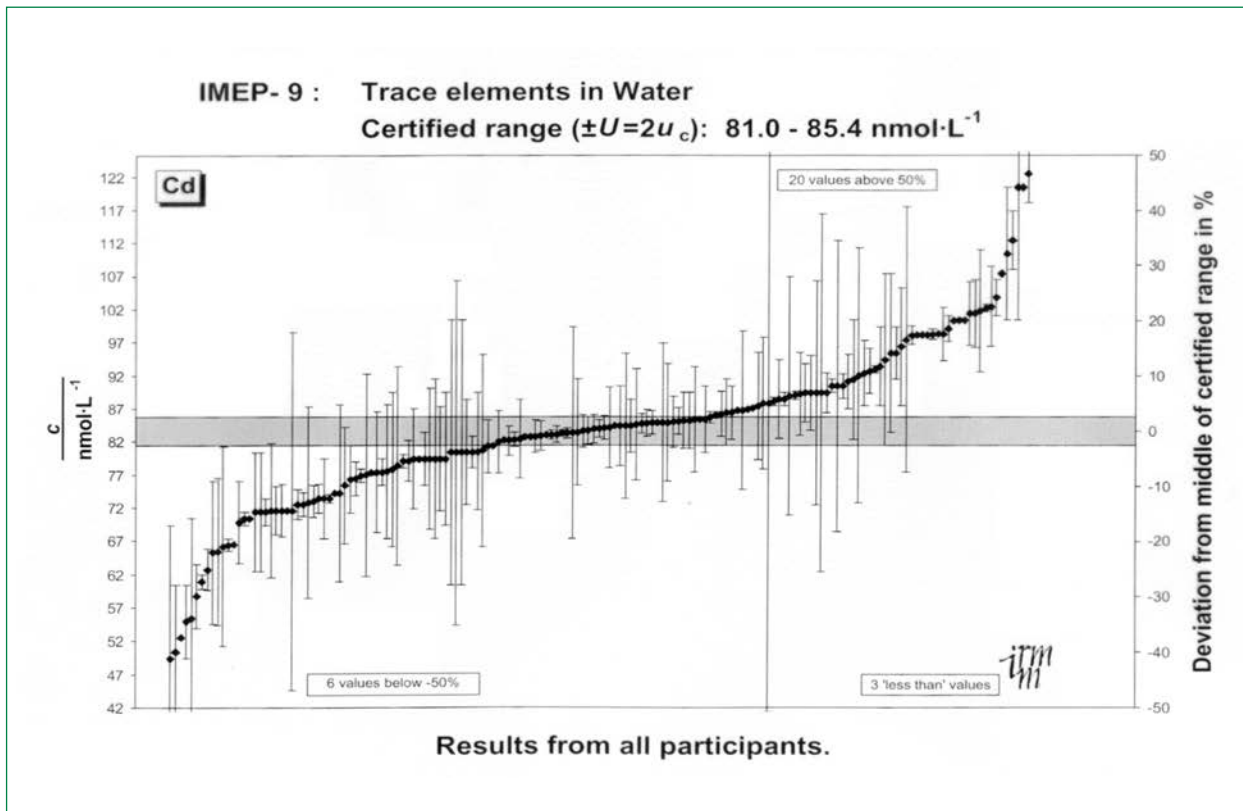


Figure 4. La zone grisée rappelle la répartition des valeurs des laboratoires de métrologie présentées dans la figure précédente.

Nous observons que 20 laboratoires obtiennent des valeurs supérieures de plus de 50 % et 6 laboratoires obtiennent des valeurs inférieures de plus de 50 %.

On voit clairement l'apport des valeurs de référence établies par les LNM pour donner du sens aux résultats de mesure, et les progrès à faire pour disposer de mesures fiables et, par voie de conséquence, accroître la confiance dans les résultats expérimentaux obtenus.

« justesse » établie à 1 ou 2 % près et une incertitude de mesure variant de 1 à 5 %.

Réajusté en 2008 dans la directive cadre Eau (DCE), le seuil de qualité environnemental pour le cadmium est de 0.1 µg/l. L'échantillon examiné ici correspond à une valeur de 10 µg/l, soit une très forte pollution (facteur 100) (voir figures 3 et 4).

Le nickel dans l'air :

Actuellement, la pollution des particules atmosphériques est suivie à travers quelques paramètres, dont les particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm. Nous présentons ici les résultats de mesures de particules d'origine urbaine comportant du nickel.

Une comparaison a eu lieu à l'initiative du Laboratoire central de la qualité de l'air (3) en 2007 en vue d'harmoniser les pratiques analytiques des AASQA (Associations agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air). Nous avons comparé une solution étalon préparée par le LNE (résultant de la minéralisation de filtres impactés par des particules atmosphériques urbaines PM10) aux valeurs des différents laboratoires AASQA. Les valeurs de référence LNE ont été

obtenues par la méthode primaire de dilution isotopique et ICP/MS (voir figure 5).

Il est intéressant de comparer ces données aux exigences réglementaires qui évoluent clairement dans le sens d'un abaissement des seuils.

Ainsi pour l'ensemble des particules mesurées par la méthode des PM10 en milieu industriel, la directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 fixe les moyennes annuelles limites à 40 µg/m³ en 2005. Ce seuil (4) sera abaissé à 20 µg/m³ en 2010.

Pour le nickel, la valeur cible définie dans la directive précitée est de 20 ng/m³.

Les valeurs en milieu industriel sont 10 fois supérieures aux valeurs observées dans le milieu urbain de notre étude. On peut donc extrapoler une valeur cible du nickel en milieu urbain de l'ordre de 2 ng/m³.

L'évolution à la baisse des seuils réglementaires nécessite un gros travail d'amélioration de la qualité des résultats de mesure. En effet, si demain le seuil pour le nickel passait à 1 ng/m³, on perçoit tout de suite, par cet exemple, l'intérêt pour un décideur de disposer de mesures fiables.

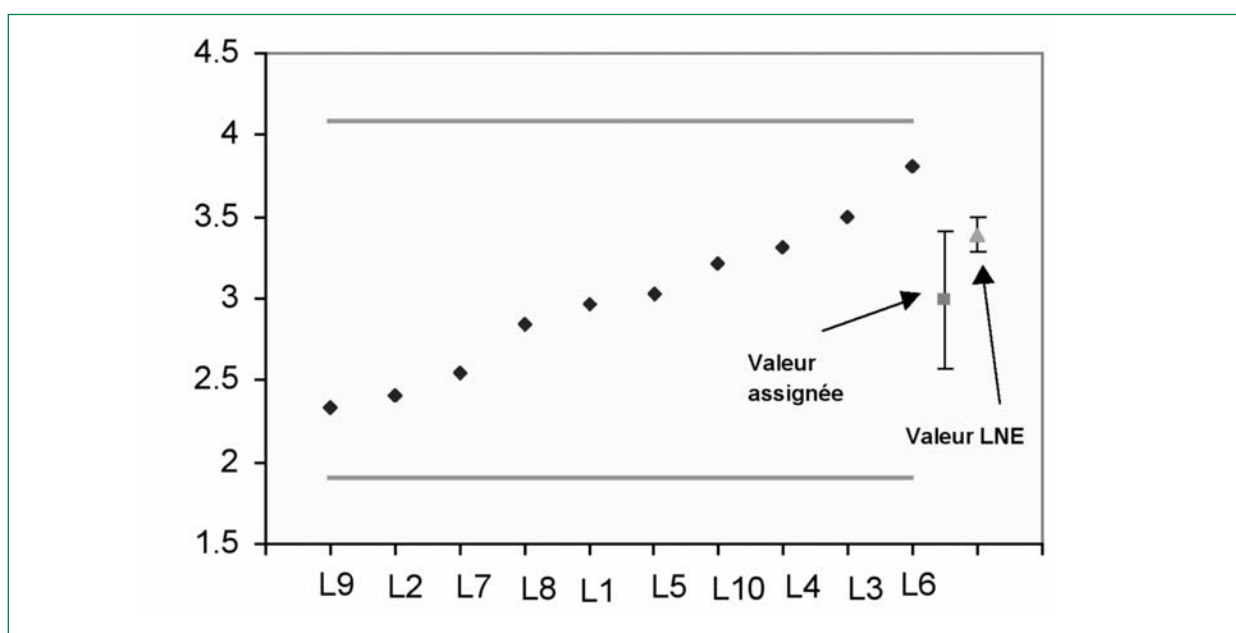


Figure 5. Particules atmosphériques LCSQA.

7 unités de base :

Mètre	m	Longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant 1/299 792 458 de seconde.
Kilogramme	kg	Masse du prototype en platine iridié qui a été sanctionné par la Conférence Générale des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Bureau International des Poids et Mesures.
Seconde	s	Durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.
Ampère	A	Intensité d'un courant électrique constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force de $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur.
Kelvin	K	Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau.
Mole	mol	Quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.
Candela	cd	La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12}$ hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian.

Tableau 1. Le système SI d'unités de mesure en 2009.

Toutes les autres unités habituellement employées sont des unités dérivées résultant de la composition des unités de base.

Annexe : le SI, rappel

Le système international (SI) est un système d'unités fondé sur le Système international de grandeurs, qui comporte les noms et symboles des unités, une série de préfixes

avec leurs noms et symboles, ainsi que des règles pour leur emploi. Il a été adopté par la Conférence générale des poids et mesures (CGPM).

Le SI est fondé sur les sept grandeurs de base. Les noms et les symboles des unités de base sont mentionnés dans le tableau 1 ci-dessus.

Notes

* Directeur général du Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE).

** Directeur stratégique de la métrologie scientifique et industrielle au Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE).

(1) Pour pouvoir comparer des mesures réalisées en différents lieux, il faut préciser la température du corps mesuré. La température de 20°C

est, dans ce cas, la température de référence retenue par convention pour réaliser la comparaison.

(2) Une comparaison analogue est actuellement en cours pour l'Europe.

(3) Qui regroupe l'INERIS, le LNE et l'Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des Mines de Douai.

(4) Ces seuils sont assortis d'une incertitude calculée en % de la valeur limite (indique une marge de dépassement). Cette tolérance décroît de manière linéaire chaque année à partir du 1^{er} janvier 2001 jusqu'au 1^{er} janvier 2010.

Risque et prospective

Que la prospective ait une origine militaire « dure », comme aux Etats-Unis ou, au contraire, une origine civile, planificatrice et quelque peu « molle », comme en France, elle a pour rôle de présenter des tableaux de l'avenir à long terme, de manière à ce que la société puisse anticiper certains risques et autant qu'il soit possible, les éviter ou se préparer à en pallier les conséquences. La situation actuelle est particulièrement critique : elle remet en question le concept ancien de défense au profit d'une conception plus globale de la sécurité.

par Thierry GAUDIN*

La nécessité biologique

Dans sa leçon inaugurale au Collège de France, le 27 avril 2006, Stanislas Dehaene conclut que « le mental n'arrête pas de ressasser le passé pour mieux anticiper le futur », constatant ainsi l'inlassable fonction anticipatrice de l'activité cérébrale. Il est tentant de relier cette « finalisation » du mental au constat selon lequel (de Darwin à Gould) l'anticipation est un avantage, en termes de survie.

Les philosophes se sont épuisés à tenter de penser la pensée : cet effort de l'esprit pour se saisir lui-même est sans doute inévitable, mais il sera toujours inachevé. C'est pourquoi je propose de nous appuyer sur une base plus solide. Ce qu'on appelle pensée est une fonction des êtres vivants, donc un produit de l'évolution, comme le suggère Claude Kordon (1). Autrement dit, si la sélection naturelle favorisait les êtres qui ne pensent pas, alors ceux qui pensent n'auraient pas survécu à la concurrence des premiers, et il n'y aurait pas d'êtres pensants : c'est donc que la pensée joue un rôle dans l'évolution.

Ce rôle est bien facile à comprendre : la pensée permet aux individus de « se préparer à » ce qui risque de leur arriver, et donc d'explorer, en imagination, les possibles et leurs liens, et de comprendre (au sens de « prendre ensemble ») les intentions et les mouvements. De ce point de vue, la pensée est **ontologiquement anticipatrice**.

Je propose même d'aller jusqu'au bout de cette logique et de prendre comme définition de la pensée « le processus par lequel un être individué se prépare à ».

Dès lors, l'être en question n'est pas nécessairement un être humain. Ce peut être un animal, ou encore un être collectif : dans le langage courant, on fait comme si les entreprises, les Etats ou les ONG pensaient, comme s'ils étaient dotés d'une personnalité comparable à celle des humains. Pourquoi ne pas accepter qu'ils sont dotés d'une forme de pensée, quand bien même cette forme serait assez différente de celle des personnes humaines. Cette approche doit évidemment comporter toutes les nuances nécessaires, car, à l'intérieur d'une même institution, se constituent des

sous-ensembles, plus ou moins informels, qui sont, chacun, porteurs de pensées différentes.

Cette fonction anticipatrice, du fait qu'elle s'est construite dans le contexte de l'adaptation à la survie, consiste donc à anticiper les dangers et les opportunités. La perception des risques est, de ce fait, une des fonctions fondamentales de la pensée. C'est ce que Jean-Pierre Dupuy a développé, sous la dénomination de « catastrophisme éclairé ». Il ne faut pas pour autant oublier la fonction symétrique qu'est la perception des opportunités. En outre, ces fonctions doivent être déclinées dans le temps, depuis le réflexe instinctif immédiat jusqu'à la vision, lentement mûrie, du futur éloigné, relevant du registre de la prospective, qui apparaît ici comme la réalisation la plus élaborée (et aussi la plus difficile) de la pensée.

Qu'est-ce que la prospective ?

On peut définir la prospective comme « la construction d'un discours rationnel sur l'avenir ». Ici, le mot « rationnel » signifie seulement : « qui ne soit pas en contradiction avec les lois de la nature et les constats scientifiques, y compris ceux des sciences sociales ». Nous sommes tous, implicitement, prospectivistes : lorsque nous choisissons les grandes orientations de notre vie (telles que les études, l'emploi, le lieu de résidence...), nous saisissons, certes, les occasions qui se présentent, mais celles-ci ne prennent sens qu'en fonction d'une certaine représentation de l'avenir, le plus souvent implicite, instinctive et perceptive, en fonction des dangers et des opportunités.

La prospective consiste à passer de cette approche instinctive à une vision plus élaborée, en faisant appel à une documentation, en recueillant des avis pertinents, puis en élaborant (en général à plusieurs) des représentations de différents avènements possibles (les *futuribles* de Bertrand de Jouvenel).

Le mot « prospective » était à l'origine un adjectif. On doit à Gaston Berger (1896-1960), qui fut successivement chef d'entreprise, philosophe et haut fonctionnaire, de l'avoir

substantivé (2), en même temps qu'il en développait la pratique. Il introduit ce mot dans le constat suivant :

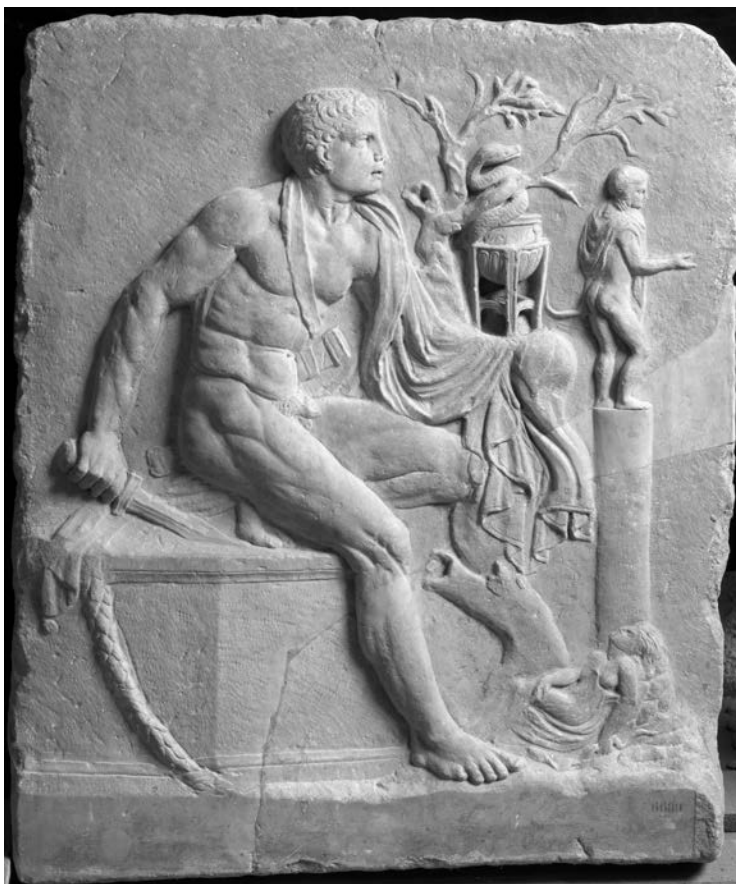
« Notre civilisation s'arrache avec peine à la fascination du passé. De l'avenir, elle ne fait que rêver et, lorsqu'elle élabore des projets qui ne sont plus de simples rêves, elle les dessine sur une toile où c'est encore le passé qui se projette. Elle est rétrospective, avec entêtement. Il lui faut devenir **prospective**. » (3)

Quand on la lit attentivement, cette citation surprend. On pourrait l'interpréter naïvement comme un appel à l'oubli : « du passé faisons table rase », comme dit un hymne célèbre, « L'Internationale ». Or, en tant que philosophe, Gaston Berger ne pouvait refuser les leçons de l'Histoire, ni la continuité des mœurs.

Mais il stigmatise une certaine paresse de l'esprit consistant à considérer le passé comme un décor fixe, destiné à rester tel qu'il est, alors qu'il a précédemment connu de profonds mouvements. C'est donc en rupture avec la tendance persistante à prendre des décisions en se référant à un contexte supposé immuable qu'il pose la nécessité de la prospective, qui est donc un point culminant de la pensée anticipatrice...

On voit aussi, à travers cette citation, que le prospectiviste est voué à la position inconfortable de celui qui dérange les idées reçues, refuse le prêt-à-penser et oblige à se poser des questions.

Depuis l'Antiquité, le discours sur le futur a toujours fait l'objet d'une demande soutenue. Il s'agissait, si l'on en croit les informations disponibles sur les oracles de Delphes, d'anticiper surtout l'issue des batailles. C'est là un risque particulier : celui des affrontements militaires. On dit que les pythies étaient d'ailleurs secondées dans leurs transes par des prêtres disposant de filières de renseignement performantes... Même si les méthodes et les démarches présentent ainsi certains points communs avec le monde moderne, la demande était alors satisfaite au moyen de techniques dites de divination. Ce mot « divination » signi-



© Luisa Ricciarini/LEEMAGE

« Depuis l'Antiquité, le discours sur le futur a toujours fait l'objet d'une demande soutenue. Il s'agissait, si l'on en croit les informations disponibles sur les oracles de Delphes, d'anticiper surtout l'issue des batailles ». « Oreste consultant l'oracle d'Apollon à Delphes », haut-relief de marbre provenant d'Herculaneum, 1^{er} siècle, Museo Archeologico Nazionale, Naples.

fic, de par son étymologie, une activité procédant du divin. Le « devin » accédait, par et pour ses prédictions, à un statut proche de la prêtrise.

Plus tard, au Moyen-Orient comme en Europe occidentale, la fonction prédictive a été captée progressivement par les religions, sous les formes de la prophétie et de l'eschatologie. Puis lorsque, au « Siècle des Lumières », l'influence des religions diminua, au profit de celle de la science, les récits du futur s'inspirèrent davantage des évaluations et des concepts scientifiques.

La prospective est-elle pour autant, « scientifique » ? Certes non ! Elle utilise les résultats de la science et revendique une rationalité, mais ce n'est pas une

science : c'est une technique cognitive.

À chaque époque, la demande est satisfaite par une offre ajustée aux critères de crédibilité en vigueur (4). Quand la religion domine, les récits du futur s'expriment dans un style religieux. Quand la science devient plus crédible, ils s'expriment en langage scientifique, car les auteurs mettent tous les atouts de leur côté pour être entendus.

Méthodes

Sans doute du fait de son imprégnation par le contexte scientifique et cartésien, la littérature prospective a produit d'abondants discours sur les méthodes. Je n'insisterai pas sur ce point, car l'utilisation d'une méthode ne me paraît pas en mesure de garantir la qualité du travail. Bien souvent, même, les méthodes servent d'alibi à des démarches conformistes, qui ne font que conforter la somnolence des organisations.

Néanmoins, sans insister sur le sujet, je signalerai les trois étapes méthodologiques principales :

✓ le recueil des informations pertinentes : cela se fait souvent, non seulement par la préparation de dossiers documentaires, mais aussi par la consultation d'experts. C'est ce que l'on appelle couramment un « delphi », par allu-

sion à la pythie de Delphes, les experts étant identifiés ici à des pythies ;

- ✓ les travaux de groupe, qui ressemblent souvent à des séances de créativité, soit pour énumérer, puis discriminer les facteurs pertinents d'évolution, soit pour construire des scénarios, c'est-à-dire des mises en récit des avenir possibles ;
- ✓ la (ou les) synthèse(s), qui s'élabore(nt) en petit comité et consiste(nt) à dégager les clefs de lecture pertinentes. C'est un travail difficile, qui peut très bien ne pas aboutir. Il suppose une lecture de l'Histoire et aussi de porter son attention non seulement sur la continuité (les **tendances lourdes**), mais aussi sur les ruptures, lesquelles ne sont visibles au présent qu'à travers des « **signaux faibles** », qu'il faut accepter de détecter et d'interpréter.

Dans la prospective (*foresight*) pratiquée au niveau international, on distingue les signaux faibles (*weak signals*) et les « cartes sauvages » (*wild cards*). Récemment, la Commission européenne a lancé une étude, intitulée « iKnow », pilotée par l'Université de Manchester (5) pour recenser, cartographier et mettre en ligne sur un site Internet les *wild cards* et les *weak signals*. Alors que les signaux faibles sont des tendances déjà observables, les *wild cards* sont des surgissements « sauvages » qui ne sont annoncés par aucun signe détectable, mais qui pourraient se produire. L'exemple emblématique d'une *wild card* est l'effondrement des tours du World Trade Center de New York, le 11 septembre 2001.

L'équipe iKnow a esquissé une liste de près de 80 *wild cards*, parmi lesquelles on trouve :

- ✓ des centrales nucléaires de petite taille, pour satisfaire des demandes d'énergie privées ;
- ✓ des guerres néo-tribales dans les villes ;
- ✓ l'effondrement du réseau Internet ;
- ✓ la disparition de la moitié des plus grandes compagnies dans les 5 ans, victimes de la concurrence de l'économie libre (*freenomics*) ;
- ✓ l'effondrement de la protection sociale, entraînant la pauvreté des personnes âgées.

Ces exemples font ressortir un aspect essentiel de la démarche prospective : il lui faut absolument obliger l'esprit à sortir de ses cadres habituels de pensée. Le travail prospectif exige de se transporter, en imagination, dans un contexte différent, perçu, au départ (mais pas nécessairement à l'arrivée) comme peu probable, et d'y décliner les possibles. Dans ce mouvement, la prospective est souvent à l'opposé du *wishful thinking* (« prendre ses désirs pour des réalités ») pratiqué par la « pensée positive ».

Prospective dure et prospective molle

Au cours de la Seconde guerre mondiale, les dirigeants américains, notamment le ministère de la Défense (DoD), prennent conscience du fait qu'un tournant dans l'histoire de la guerre a été franchi et que celle-ci ne sera plus jamais comme avant.

Afin de comprendre les évolutions futures, les possibilités diverses et les risques que recèlent les nouveautés appa-

raient lors du conflit mondial (radars, troupes aéroportées, déplacement des champs de bataille, arme nucléaire, etc.), l'état-major décide, dès 1945, de mener les premières études à caractère réellement exploratoire, que l'on définit aujourd'hui comme « prospectives ».

À partir de là, l'étude du futur (*future study*) est rationalisée, diffusée, institutionnalisée (création de la *Rand Corporation*) et portée par des personnages médiatiques tels qu'Hermann Kahn.

Deux courants naissent de ce mouvement :

- ✓ celui, très imaginaire, du « *what if ?* » (« que se passerait-il si ? »), qui anticipe les événements les plus improbables. Cela donna, par exemple, naissance au programme « Watch » d'anticipation de la chute d'une météorite de grande dimension ;
- ✓ celui, plus pragmatique, décrit par le sigle « SWOT » (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) (6), qui prend d'abord en considération la configuration estimée la plus probable, à laquelle il faut se préparer en fonction de ses propres atouts et faiblesses en tant qu'organisation. Il s'agit de déterminer ce qui, dans le futur, constitue des opportunités ou des menaces.

Ainsi, depuis la Seconde guerre mondiale, les *futurists* américains se sont orientés en fonction des besoins issus très directement de la préparation des décisions. Ils ont travaillé sous contrat du ministère de la Défense (DoD), principal acteur économique des États-Unis, ainsi que pour des entreprises et d'autres administrations.

Leur approche, cohérente avec la culture libérale (et prédatrice !) anglo-saxonne, s'inspire implicitement d'une vision dite darwinienne (en fait, spencérienne) de la société, dans laquelle dominent les intérêts particuliers en lutte pour leur survie (*struggle for life*).

En France, le courant de pensée né avec Gaston Berger a aussi affiché que la prospective était destinée à éclairer l'action. Mais, au lieu de s'attacher à des intérêts particuliers, d'entreprise ou même d'Etat, elle a toujours maintenu une inspiration humaniste, un penchant pour l'intérêt général, non seulement celui de la France, mais aussi celui de l'Europe, du monde et, plus globalement, de l'espèce humaine, suivant en cela le courant humaniste des Lumières du XVIII^e siècle.

Cette préoccupation éthique est déjà présente chez Gaston Berger (7) : il recommande en effet une discipline du sujet. Celui-ci doit être à la fois engagé (car la fonction de la prospective est de préparer l'action) et dégagé (car sa pensée doit rester aussi objective que possible et, pour cela, une certaine mise à distance est nécessaire). A ses yeux, cette mise à distance est un des quatre devoirs de l'intellectuel, à côté de la générosité, de la liberté et de la prudence (8).

En 1957, Gaston Berger fonde une association, le Centre International de Prospective (9). Les personnes qu'il réunit alors autour de lui occupent, pour la plupart, des postes de responsabilité très importants (10). Il s'agit donc d'une institutionnalisation de la prospective, qui sera poursuivie par le nouveau Commissaire Général au Plan, Pierre Massé, puis reprise par Jérôme Monod lors de la

création (en 1963) de la Délégation à l'Aménagement du Territoire.

Ainsi, les années 1960, avec les enseignements de Jean Fourastié au Conservatoire National des Arts et Métiers, les écrits de Louis Armand et la création de l'association Futuribles par Bertrand de Jouvenel (11) constituent pour la France un « temps des fondations (12) », dont les travaux sont encore dans toutes les mémoires, que ce soit au niveau national ou dans les régions, avec les premiers « Livres blancs (13) ».

Néanmoins, durant ces années-là comme par la suite, la planification est souvent restée au stade des vœux. Les féodalités traditionnelles (le ministère des Finances, notamment), décisionnaires en dernier ressort, ne souhaitaient aucunement que leur liberté de manœuvre et leur pouvoir régaliens fussent contraints en quoi que ce fût par des engagements préalables.

De manière un peu provocante, je qualifierai ces deux orientations de la prospective, l'américaine (militaire, basée sur « *what if?* » et « SWOT ») et la française (orientée vers la concertation, la planification indicative et l'aménagement) de prospective dure et de prospective molle.

Le tournant mondial des années 1970

En 1970, paraissent deux textes de prospective qui anticipent un changement profond de la vision de l'avenir du

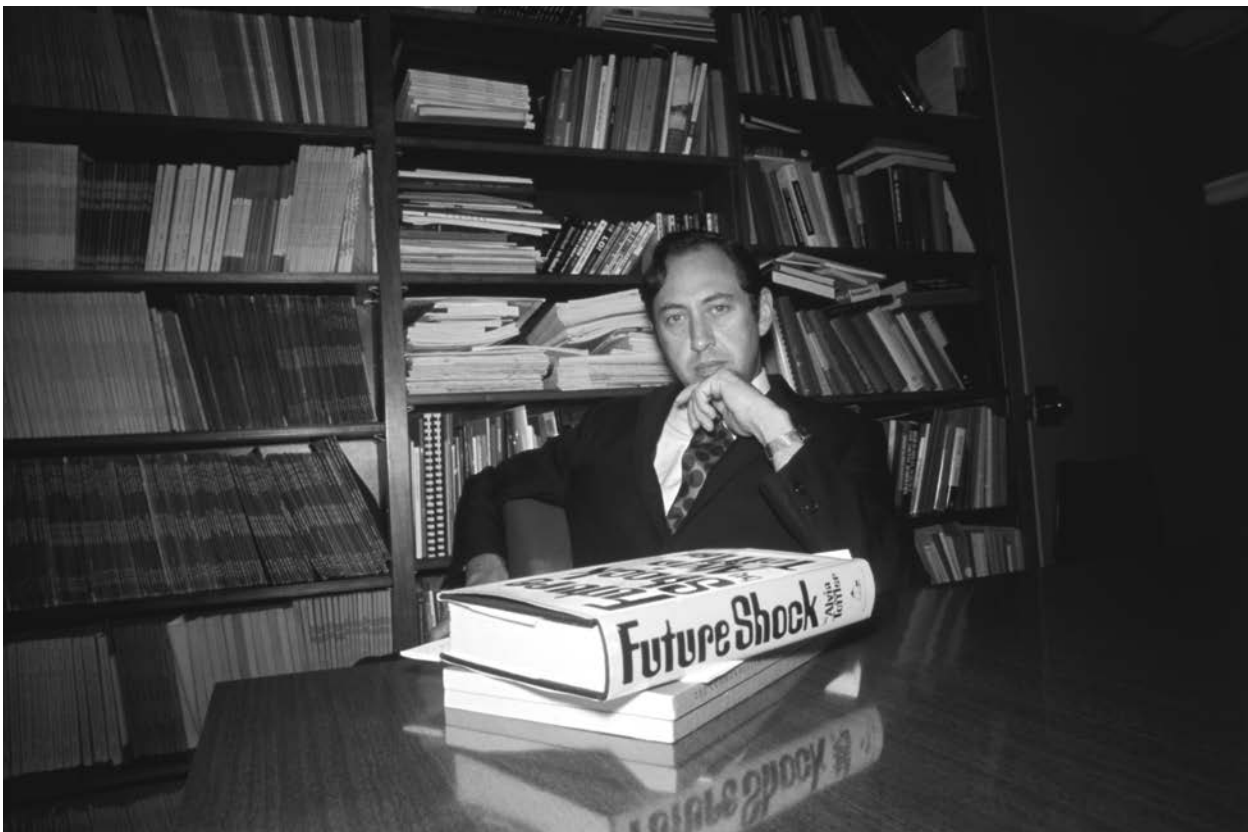
monde et manifestent l'impératif d'un retour vers la prospective « dure » :

– *Le premier est le rapport du Club de Rome*, inspiré par un « modèle » mathématique mondial dû à Forrester et Meadows et publié sous le titre « *Limits to growth* (14) ». En fait, ce texte énonçait une idée simple, presque évidente, mais en contradiction avec la pensée dominante de l'époque : les ressources naturelles sont limitées et l'espèce humaine ne pourra pas continuer à les consommer éternellement de manière exponentielle, comme font mine de le croire les économistes de la croissance.

Le débat théorique ne portait pas sur la croissance en tant que telle, car, depuis Malthus (15), on sait que toute population augmente jusqu'à saturer ses moyens de subsistance. Il portait sur la technologie. Hermann Kahn, entre autres, arguait que les limites sont loin d'être atteintes et que le progrès technique permettrait de les repousser bien au-delà de ce qu'indiquait le modèle de Forrester et Meadows.

La critique de Kahn était juste, car ce modèle ignorait les changements techniques. Mais elle ne faisait que repousser les échéances. À partir des chocs pétroliers des années 1973 et 1979, les entreprises et les gouvernements commencèrent à infléchir progressivement leurs pratiques dans le sens d'une plus grande sobriété (16).

Cela fait près de quarante ans que *Limits to growth* est paru, et le dogme de la croissance est toujours là, bien que



© Coll. Bettman/CORBIS

« Toffler parle des nouvelles technologies et de leur influence sur les comportements. Il annonce une nouvelle civilisation où l'on s'organise en réseaux, où les anciennes relations hiérarchiques sont progressivement abandonnées et où l'innovation devient le moteur principal de l'économie ». Alvin Toffler derrière son bureau, présentant son livre « Le choc du futur », New York, le 7 juillet 1970.

de nouvelles manifestations de ses limites se soient faites sentir avec l'effet de serre et le changement climatique. La prise de conscience s'opère très progressivement : le rapport Brundtland (17), promoteur de la notion (bien ambiguë) de « développement durable » et les négociations de Rio, puis de Kyoto et de Copenhague, sont les conséquences édulcorées des idées initiales du Club de Rome. Mais la lenteur de cette prise de conscience et l'absence de décisions concrètes efficaces sont inquiétantes. Dennis Meadows (18) ne cache pas sa déception devant l'irresponsable atonie des politiques.

On peut dire aussi que ce rapport a été le point de départ de l'introduction de la pensée écologique dans la prospective (19). Du fait qu'il risquait d'inspirer des politiques contraignantes, il a suscité la méfiance des milieux industriels, qui y voyaient la menace de nouvelles interventions publiques dans leurs affaires.

– Le second est *Le Choc du futur*, d'Alvin Toffler (1970), qui a été suivi de *La troisième vague* (1980) et de *La richesse révolutionnaire* (2005), où est décrit avec vivacité le passage à la « société de l'information », succédant à l'industrie de masse, taylorienne, puis fordiste, qui avait dominé le XX^e siècle. Alors que le Club de Rome s'intéressait aux consommations massives des ressources naturelles, Toffler parle des nouvelles technologies et de leur influence sur les comportements. Il annonce une nouvelle civilisation où l'on s'organise en réseaux, où les anciennes relations hiérarchiques sont progressivement abandonnées et où l'innovation devient le moteur principal de l'économie.

Mais la perspicacité de Toffler, qui travaille uniquement avec sa femme, Heidi, ne s'arrête pas là : il invente, en effet, le concept d'« hyper-choix ». Dans le nouveau contexte, dit-il en substance, les individus sont tellement sollicités qu'ils ne savent plus quoi choisir. Il y a trop de possibilités différentes et les départager demanderait trop de temps et d'attention. Bien plus, les individus sont soumis à ce que nous appellerions aujourd'hui une surcharge cognitive, qui peut entraîner des troubles psychiques ou, plus généralement, une désorientation. Ce faisant, sans le dire, il remet en cause le fondement de l'économie libérale (20), qui suppose que tous les agents sont parfaitement informés et vigilants.

Le retour de la prospective dure

Il n'empêche que la surveillance des écosystèmes planétaires et du climat ayant considérablement progressé tant sur le plan des moyens techniques (les satellites) qu'en termes de diffusion (Internet), le diagnostic des grands risques du XXI^e siècle est maintenant scientifiquement étayé et mondialement partagé. Ce n'est plus au niveau des États-nations, mais à l'échelle mondiale qu'une série de « *what if ?* » est posée et reste jusqu'à présent sans réponse claire. En voici quelques exemples :

✓ **What if 1** : Que se passe-t-il si le niveau des océans monte de plusieurs mètres à la suite de la fonte des glaciers, de celle de la calotte glaciaire du pôle Sud et de la dilatation ? Depuis un demi-siècle, la population a migré

vers les côtes, d'immenses installations portuaires ont été construites et des zones inondables sont recensées sur tous les continents (Hollande, Bangladesh, récifs coralliens du Pacifique...)...

✓ **What if 2** : Que se passe-t-il si un effondrement de la biodiversité se produit ? En plus de l'accélération de l'extinction des espèces, dont le rythme aurait été multiplié par cent depuis le début de la révolution industrielle, certaines espèces ayant un rôle clef dans l'écosystème sont directement menacées. C'est le cas des abeilles, principal insecte pollinisateur, dont la disparition mettrait en péril environ le tiers de l'alimentation de l'espèce humaine. Or, les abeilles sont actuellement menacées à la fois par les insecticides systémiques et par des prédateurs.

✓ **What if 3** : Que se passe-t-il si, en raison d'irrégularités climatiques engendrant, selon les lieux, des ouragans, des sécheresses ou des inondations, le nombre des réfugiés climatiques augmente jusqu'à dépasser la centaine de millions ? Ce processus a déjà commencé. Les ouragans se multiplient. Le plus connu est Katrina, qui a dévasté la Nouvelle-Orléans, démontrant ainsi l'imprévoyance des autorités américaines. Des sécheresses sont apparues en Australie, au Maghreb, en Espagne et en Inde ; des inondations, en Angleterre et en Chine (notamment).

✓ **What if 4** : Que se passe-t-il si, les habitudes de surconsommation et de pillage des ressources naturelles se perpétuant, la pêche industrielle détruit l'écosystème marin et les grandes réserves de biodiversité que sont les forêts tropicales humides sont dévastées pour y faire de l'élevage ou de l'agriculture industrielle, voire de la production du charbon de bois ? Cette évolution est en cours ; elle est visible sur les photos satellite de l'Amazonie, de l'Afrique centrale ou de l'Indonésie, et les gouvernements locaux ne paraissent avoir ni les moyens, ni même le désir de s'y opposer.

✓ **What if 5** : Que se passe-t-il si, l'argent engendré par des créances devenues illisibles circulant autour du monde à la vitesse de la lumière, alors que la désorientation du public est exploitée par les médias pour intensifier encore le gaspillage, l'économie venant buter contre les limites de la planète, il se déclenche une crise de confiance qui provoque son effondrement ?

Ces quelques exemples ne font que confirmer ce que disent des scientifiques (21). Ils nous invitent à reprendre le chemin d'une prospective dure, à la manière des militaires d'après-guerre, à cela près qu'on ne se trouve pas face à un ennemi extérieur clairement identifié, mais à un ennemi intérieur à chacun d'entre nous. Néanmoins, si l'on voulait faire l'exercice consistant à dérouler la pensée en s'affranchissant des attachements passés, on arriverait sans doute au résultat suivant :

Les questions évoquées ci-dessus mettent en cause la sécurité globale de l'espèce humaine et de la biosphère dont elle est une composante. Or, la sécurité globale est le métier des militaires, de la protection civile et des services en charge de la protection de l'environnement. Il est maintenant clair, ces exemples le montrent, que ces différents aspects de la sécurité sont désormais liés et interdépendants.

Il serait donc logique de penser un seul et même métier et de réaffecter les forces, modelées par le passé et encore liées au système des Etats-nations (22), à une tâche planétaire de protection de ce qui doit être protégé (par exemple, les forêts tropicales humides ou la diversité de l'écosystème marin).

En déclinant cette idée, il apparaît que la principale force publique internationale, l'OTAN, fonctionne encore dans le souvenir de la guerre froide qui est à l'origine de sa fondation et que, s'adressant à un ennemi qui n'en est plus un, elle est obligée de s'en inventer de nouveaux. Or, les interventions en Bosnie, au Liban, en Irak ou en Afghanistan sont dérisoires, en

(rejets chimiques, police des mers...) et de la protection des droits de l'Homme.

Bien entendu, un bras séculier ne suffit pas. Il faut aussi une législation et une autorité judiciaire qui commande au bras séculier d'agir. De telles organisations ne peuvent se concevoir que dans le contexte d'un état de droit mondial, d'où la nécessité d'une base juridique commune en matières de protection des ressources naturelles et d'assistance aux populations en difficulté. Ici, la Déclaration universelle des droits de l'Homme ne suffit pas. La sauvegarde des espèces est un but en soi, comme l'est également l'aménagement prospectif d'un cadre viable pour les enfants à naître (23).



© Caral Supe Peru/UNESCO

« Certes, bon nombre de chefs d'Etat sur cette planète sont de fieffées crapules, voire des criminels endurcis dont on hésiterait à serrer la main ; et cependant, sans les Nations Unies, il n'y aurait pas eu le GIEC, ni l'UNESCO et ses programmes d'alphabétisation, ni les opérations de sauvegarde du patrimoine culturel mondial, etc. » Edifice pyramidal principal du site archéologique de Caral, au Pérou.

comparaison des enjeux dont il vient d'être question. Je dirai, pour caricaturer, que malgré l'ampleur de leur retentissement médiatique, elles sont du niveau de gamins se chamaillant pour un sac de billes dans une cour de récréation.

D'où une conclusion évidente : cette organisation, l'OTAN, devrait être placée sous l'autorité des Nations Unies, intégrer les puissances qui n'en sont pas encore membres (la Chine, l'Inde, la Russie, le Brésil...) et être chargée, avec les autres forces des Nations Unies, de tâches de sécurité globale, curatives (ouragans) ou préventives (protection des écosystèmes), ainsi que de la police de l'environnement

Certains objecteront que les Nations Unies n'inspirent pas suffisamment confiance pour être investies d'une mission aussi importante. C'est néanmoins le seul cadre possible. En outre, le fonctionnement des Nations Unies a quelque chose de miraculeux : certes, bon nombre de chefs d'Etat sur cette planète sont de fieffées crapules (24), voire des criminels endurcis dont on hésiterait à serrer la main ; et cependant, sans les Nations Unies, il n'y aurait pas eu le GIEC (25), ni l'UNESCO et ses programmes d'alphabétisation, ni les opérations de sauvegarde du patrimoine culturel mondial, etc.

La puissance du lobby militaro-industriel est telle que cette opération serait compromise s'il n'y trouvait pas son intérêt. Or, si l'on déclinait toutes les tâches à accomplir pour restaurer et maintenir un équilibre écologique et environnemental planétaire, il apparaîtrait clairement que ces tâches sont d'une ampleur bien plus grande que celle des opérations actuellement confiées aux armées et à leurs sous-traitants privés. Ce lobby a donc intérêt à cette réorientation des forces, au lieu de s'épuiser à inventer, voire à stimuler, des conflits ethnico-religieux, à la manière de la prospective d'un Samuel Huntington (26).

En ce qui concerne l'état de la planète, les plus redoutables délinquants ne sont d'ailleurs pas les mouvements terroristes mais des multinationales de la chimie, de l'agro-business, de l'énergie et de l'armement, ainsi que de la pêche industrielle. Les Etats-nations, même les plus puissants, se sont avérés incapables de leur imposer un comportement correct. Il apparaît donc nécessaire d'établir un niveau supranational suffisamment fort pour faire respecter l'intérêt général, lequel est autre chose que la simple juxtaposition d'intérêts particuliers.

Alors, et alors seulement, l'espèce humaine pourrait s'établir comme un être pensant.

Notes

* Ingénieur général des Mines, Docteur en Sciences de l'Information et de la Communication, Président de « Prospective 2100 », Rapporteur du groupe « Le Monde en 2025 » pour la DG Recherche de la Commission européenne
<http://gaudin.org> – <http://2100.org>

(1) Prolongeant la pensée de Singer, Changeux, Edelman, voir l'article de Claude Kordon dans le livre *Sciences de l'Homme, Sciences de la Nature*, aux Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

(2) François Villon l'aurait fait avant lui, mais sans conséquences institutionnelles.

(3) Citation extraite de la thèse de Fabienne Goux Baudiment.

(4) Sur le long terme, on consultera Bernard Cazes, *Histoire des futurs*, Seghers, 1986.

(5) Plus précisément Rafael Popper (Vénézuélien), rafael.popper@mbs.ac.uk

(6) Forces et faiblesses, opportunités et menaces.

(7) Voir la thèse de Fabienne Goux Baudiment : *Une nouvelle étape de la prospective : la prospective opérationnelle*, 2002, Université Pontificale Grégorienne de Rome, sous la direction du Professeur Eleonora Barbieri Masini (ancienne présidente de la *World Futures Studies Federation*).

(8) Cette position est évidemment en rupture avec les philosophies « noires » dominantes de l'après-guerre, notamment l'existentialisme sartrien.

(9) L'héritage de Gaston Berger (et les archives de l'Association) est partagé entre, d'une part, la SICS (Société Internationale des Conseillers de Synthèse), animée par Armand Braun, organisateur de « l'aventure des métiers » et consultant de nombreuses entreprises et, d'autre part, l'Association Futuribles.

(10) À son conseil se trouvaient Louis Armand (SNCF), François Bloch-Lainé (Caisse des Dépôts), Pierre Racine (Ecole Nationale d'Administration), Marcel Demonque (Ciments Lafarge), Pierre Chouard (Académie d'Agriculture), Jacques Parisot (Assemblée Mondiale de la Santé), Georges Villiers (Président du patronat), Arnaud de Vogüé (Saint Gobain).

(11) Actuellement dirigée par son fils Hugues (<http://www.futuribles.com>), cette association publie la seule revue française de prospective, intitulée « Futuribles » (les « futurs possibles » chers à Bertrand de Jouvenel).

(12) Selon l'expression de Mircéa Eliade, dans *Le temps de l'éternel retour*.

(13) Œuvre des Offices Régionaux d'Aménagement (OREAM) créés à l'initiative de la DATAR.

(14) Improprement traduit en français par « Halte à la croissance », Lieu/PI, 1972, alors que la traduction correcte est : « Les limites de la croissance ».

(15) Thomas Robert Malthus, *Essai sur le principe de population (1798)*, Flammarion, 1998, téléchargeable à :

http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/classiques/malthus_thomas_robert/malthus.html

(16) Par exemple, la consommation spécifique des automobiles, du moins en Europe, a considérablement baissé. Par contre, l'isolation des bâtiments est restée très en-deçà des possibilités techniques.

(17) Gro Harlem Brundtland (ancien Premier ministre de la Norvège), *Our common future, World Commission on Environment and Development*, 1987.

(18) Qui a publié un « 30 years update » du rapport « *Limits to growth* ».

(19) Il faut aussi citer Bertrand de Jouvenel, qui défendait aussi, à l'époque et pour les mêmes raisons, une modération de la croissance.

(20) Voir la *theory of value* de Gérard Debreu, qui lui valut le prix Nobel d'Economie.

(21) Voir notamment les deux livres d'André Lebeau : *L'engrenage de la technique* et *L'enfermement planétaire*.

(22) Fondé en 1648, c'est-à-dire assez récemment, par le traité de Westphalie, pour mettre fin aux guerres de religion.

(23) Ces considérations rejoignent la recommandation du rapport 2025, remis en 2008 à la Commission européenne, consistant à mettre à l'agenda :

- 1 – la conception d'un « jardin planétaire » ;
- 2 – une manière plus pertinente et complète de comptabiliser l'économie ;
- 3 – l'élaboration du concept de sécurité globale ;
- 4 – enfin, la construction d'un Etat de droit mondial.

(24) Nombre d'entre eux, y compris dans certains des plus grands pays, seraient justiciables d'un procès devant la Cour pénale internationale au titre de crimes contre l'humanité, si leurs pays avaient signé le traité instituant cette Cour.

(25) Groupe intergouvernemental d'études du climat, réseau mondial de chercheurs qui a alerté sur le réchauffement climatique (<http://www.ipcc.ch>).

(26) Dans *Le choc des civilisations* (1993), qui prévoyait, pour le XXI^e siècle, des conflits ethniques ou religieux succédant aux conflits entre Etats-nations, ou entre « blocs » du XX^e siècle.

For our English-speaking readers...

Coping with uncertainty

Editorial

Pierre Couveinhes

Foreword: *Humanity's quest for certitudes: Between belief and knowledge*

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

A few theoretical aspects of uncertainty

Conceiving extreme events

Jean-Pierre Dupuy

The uncertainty related to extreme events, whether natural or moral, entails a set of completely new concepts. Convinced that words possess a wisdom that those who utter them might lack, the author has yielded to the temptation of mentioning the controversy surrounding the etymology of "risk". There are those, who, like Wartburg, derive this strange word from *risco*, an old Italian word stemming from *resecum* in Latin, which means "what cuts", whence the meanings: a "crag", "reef" and, finally, a "risk to merchandise transported by ship", hence, an accident. But there are also those who, like Guiraud, think "There is not the least evidence for this nautical story." They derive the word from *rixare* ("to quarrel") in Latin. A risk is what emerges from human strife when, as Clausewitz theorized, a conflict reaches extreme proportions, and fate indifferently condemns the violent parties to mutual destruction. It will be increasingly hard to tell moral and natural catastrophes apart... an outstanding apocalyptic lesson.

A few points to bear in mind when thinking about uncertainty in the history of sciences and ideas

Alexandre Moatti

Uncertainty has always gone hand in hand with the progress of science and industry. The fear of uncertainty is the dark side of any creation or innovation. One attitude kindles another – anticipation and foresight are driving forces in innovation and imaginary creations, but also in regressions and safety "precautions" with the risk, in turn, of paralyzing society. This ambivalence toward science repeatedly crops up, and even feeds on science. Its roots run through the Enlightenment (Rousseau) and utopian philosophies (Fourier). Radical philosophies are now working out this theory, for instance James Lovelock's Gaia hypothesis or Arne Naess's deep ecology.

Probability and uncertainty

Ms Dominique Deprins

Contemporary debates about controlling uncertainty and risk center on probability. The question of risk and its assessment has moved far beyond its initial setting – law, medicine, insurance and industry – and gradually penetrated all fields of human activity, from the public sphere to the most intimate aspects of our private lives. The "precautionary logic", now present in all scientific, technological and ethical discussions, is ultimately grounded on illusions, such as "zero risk" and its correlate, absolute knowledge. Calculating probabilities, a major issue in controlling uncertainty, is based on the paradigm of precaution and the precautionary principle of better-safe-than-sorry. What is the nature of this omnipresent probability? Has the probability inaugurated in 1654 by Pascal (known as the "geometry of hazard" but barely noticed at the time) been erroneously interpreted? The heritage of probability is examined, along with its dangers for the precautions. What role does probability play in our times of uncertainty?

The concept of risk and its evolution

Gilles Motet

The concept of risk lies at the center of questions, procedures and techniques related to safety and security. The meaning given to it has evolved, forcing a continual re-evaluation of previous questions, procedures and techniques. We must understand this evolution in order to evaluate the position to be adopted when tackling questions of safety. The currently wide divergence of opinions about the aforementioned questions, procedures or techniques results from differences in the interpretations of "risk" made by various parties. Diverse viewpoints are sometimes combined, thus making our analyses confused, and our conclusions erroneous or discordant. The intention is not to submit these viewpoints (each party defending its own interests) to a value judgment, but rather to shed light on them, so as to clearly perceive each position and be capable of assessing its incidence on our approach to questions of safety and security.

Uncertainty, an omnipresent factor

What about risk management given the constitutionalized "principle of precaution"?

Olivier Godard

On 1 March 2005, the President promulgated the Charter of the Environment as part of the French Constitution. Article 5 enshrines the principle of precaution in the Constitution: "When the realization of a damage, even though uncertain in the current state of scientific knowledge, might seriously and irreversibly affect the environment, public authorities will see to it, by applying the principle of precaution and within the scope of their powers, that procedures of risk assessment are implemented and that temporary, proportional measures are adopted to ward off the realization of the damage." This put an end to three years of discussions and controversy about the status to be given to the principle of preventing and managing potential, hypothetical or suspected risks, which, neither confirmed nor disconfirmed, should not – experience has taught us – be ignored lest there be a possibly very serious impact on the environment and public health.

Investing in defense faced with uncertainty

Carl Trémoureux

Given the duration of military equipment, uncertainty lies at the core of investments in defense. Besides the technological aspects of defense (the question of "how"), it is impossible to develop every type of system. A choice must be made; and this brings to the forefront the question of "why" choose one option instead of another. According to the white paper on defense and national security, the "international context as a whole calls for taking into account strategic uncertainty as the basis of reflections on France's defense and of security policies [...] Underlying a new strategic function ranked as a priority, knowledge and anticipation form our first line of defense, guaranteeing our autonomy of decision-making and enabling us to maintain our strategic initiative." This paper places the question of anticipating threats to our security and autonomy in relation to the limits of our knowledge. This often implies an approach for making sense of problems.

Chemical risks and their management

Armand Lattes

Chemistry essentially seeks to discover and invent new chemicals useful for society and fundamental for improving humanity's living conditions. This discipline, though indispensable, is a risky science that has often caused harm. The use of chemicals forces us to assess

the risks once a new product is designed or a new application made. The ideas of danger and risk are often not clearly separated. Let us simplify by saying that the danger of a chemical is its possible negative effects (explosion, pollution, etc.) whereas risk refers to the probability of exposure to this danger.

Working in uncertainty

Pierre-Michel Menger

In classical economics, work is normally calculated as a negative value and restrictively qualified as a disutility (or negative utility), i.e., the sacrifice of a person's energy in exchange for wages and the consumer goods affordable thanks to wages. Leisure and consumer goods are the sources of individual satisfaction and well-being, whereas work is a form of negative consumption. A diametrically opposite view exists that sees work as a typically positive value involving the person's creativity and self-expression. The positive value of work is celebrated by a current of thought that insists on the extra-economic reality of authentically inventive activities. This is the ideally desirable form of work.

How to cope with uncertainty?

Technological uncertainty

Sven Ove Hansson

Given the accelerating speed of technological developments, it is ever clearer how little we know about our future. We do not know what new technology will develop in the near future, nor do we know how technological changes will affect our lives, societies and the natural environment. Efforts have been made to reduce the degree of uncertainty, for example through technological assessment and risk analysis, which emerged during the 1960s. However these disciplines have encountered considerable difficulties, as explained herein. How to cope with the uncertainties related to future technology?

From uncertainty as an obstacle to productive uncertainty: How to handle the potential risks of nano-objects?

Brice Laurent

Many questions are arising in administrative circles about the risks related to manufactured nano-objects. Nano-objects can be defined

as atomic assemblages that, with at least one nanometric dimension, owe specific properties to their size. These substances are now used in several industrial processes and products: carbon nanotubes, fullerenes, titan dioxide, nanoparticles of silver or gold. Besides the risks related to worker safety, there are – given the presence of nano-objects in several ordinary products – potential risks for consumers, not to mention the unknown effects on the natural environment.

From uncertainty to precaution: The role of metrology

Jean-Luc Laurent and Benoît Gaumont

Many decisions are based on measuring, but measurements involve a degree of uncertainty. To establish a decision's relevance, uncertainty must be brought under control – an excellent way to proceed toward an intelligent interpretation of measurements. Anyone using measurements must become aware of the reliability and quality of the information used. Along with reliable, stable standards, controlling uncertainty is one of the two basic issues in metrology. A broad approach is presented to show how metrology enables a manufacturer or a society to control the process of measuring. To obtain knowledge, a number often has to be set through the act of measuring, which cannot be imagined without a standard unit and a measuring instrument. This is the grounds of metrology. It is not just a special discipline in physics or chemistry but the very basis of everyday activities. Like someone speaking in prose without knowing it, we are all using metrology without really being aware of it.

Risk and futurology

Thierry Gaudin

Whether futurological studies have a "hard" origin in the army, as in the United States, or a "soft", civilian origin in planning, as in France, they present scenarios for the long run so that society can foresee risks and, if possible, avoid them or prepare to alleviate the consequences. The current situation is critical, the old concept of defense being set opposite a more global conception of security.

Issue editor: Marie-Josèphe Carrieu-Costa.

An unsere deutschsprachigen Leser...

Die Konfrontation mit der Unsicherheit

Leitartikel

Pierre Couveinhes

Vorwort – Der Mensch auf der Suche nach Gewissheiten : zwischen Glauben und Wissen

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

I – Einige theoretische Aspekte der Unsicherheit

Nachdenken über extreme Geschehnisse

Jean-Pierre Dupuy

Die Art der Unsicherheit, mit der wir aufgrund extremer Ereignisse natürlichen oder moralischen Ursprungs konfrontiert sind, erfordert völlig neue Konzepte. Ich bin davon überzeugt, dass die Wörter eine Weisheit besitzen, die denjenigen, die sie benutzen, nicht immer gegeben ist, und ich widerstehe nicht der Versuchung, auf eine Kontroverse zu verweisen, die sich um die Etymologie dieses seltsamen Wortes „Risiko“ rankt. Auf der einen Seite gibt es diejenigen, die es mit Wartburg vom altitalienischen „risco“ ableiten, das seinerseits aus dem lateinischen Wort „resecum“ („das, was schneidet“) stammt – daher die Bedeutung „steiler Felsen“, „Klippe“ und schließlich „Gefahr, der eine Ware im Seetransport ausgesetzt ist“ : also der Unfall. Auf der anderen Seite gibt es diejenigen, die mit Guiraud denken, „dass es nicht den geringsten Beweis für diesen nautischen Roman gibt“, und die das Wort aus dem lateinischen „rixare“ („sich streiten“) ableiten. Das Risiko, das ist das, was aus dem menschlichen Konflikt entsteht – aus der Schlägerei –, wenn er, wie Clausewitz es in seiner Theorie darlegte, zu Extremen tendiert und die Gewalttäter, die einem gleichgültigen Schicksal unterworfen sind, zur gegenseitigen Zerstörung treibt. Natürliche und moralische Katastrophen werden immer häufiger nicht zu unterscheiden sein. Dies ist die apokalyptische Lehre schlechthin.

Einige Denkansätze über die Unsicherheit in der Geschichte der Wissenschaften und Ideen

Alexandre Moatti

Seit jeher ist die Unsicherheit ein integrierender Bestandteil des Fortschritts in Wissenschaft und Industrie : die Angst vor der Ungewissheit ist die verborgene Seite allen Schaffens und Erfindens. Eine Haltung bedingt die andere : antizipierendes und planendes Denken ist sicherlich die Vorbedingung für Innovation und Kreativität, löst aber auch Bedürfnisse nach Abschottung, Geborgenheit und „Vorsicht“ aus, die die Gesellschaft wiederum zu lähmen drohen. Immer wieder ist das Verhältnis zur Wissenschaft von dieser Ambivalenz geprägt, die sich aus der Wissenschaft selbst speist : sie hat ihre Wurzeln in bestimmten philosophischen Strömungen der französischen Aufklärung (Rousseau) oder der Utopie (Fourier) ; heute wird sie durch radikalere Philosophien theoretisiert, wie durch die „Gaia-Hypothese“ von James Lovelock oder die „Deep Ecology“ des Norwegers Arne Naess.

Wahrscheinlichkeit und Unsicherheit

Madame Dominique Deprins

Die Wahrscheinlichkeit steht im Zentrum der gegenwärtigen Debatten über den Umgang mit Unsicherheitsfaktoren und Risiken. Die Diskussion über das Risiko und seine Evaluierung wird längst nicht mehr nur innerhalb der abgeschlossenen Bereiche des Rechts, der Medizin, der Versicherung und der Industrie geführt und die Themen berühren in zunehmendem Maße alle Lebensbereiche, von der öffent-

lichen Sphäre bis zur intimsten Ebene des Privatlebens. Die Logik der Vorsorge, die heute alle wissenschaftlichen, technologischen und ethischen Debatten prägt, beruht letzten Endes auf Illusionen : auf derjenigen des „Null-Risikos“ und folglich auf derjenigen des absoluten Wissens. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung hat deshalb einen zentralen Stellenwert im Umgang mit der Unsicherheit, der nunmehr aus dem Blickwinkel der Vorsorge und des gleichnamigen Prinzips zu betrachten ist.

Wie steht es um den heute allgegenwärtigen Begriff der Wahrscheinlichkeit ? Könnte es sein, dass die Wahrscheinlichkeit, die 1654, als die Wahrscheinlichkeitsrechnung „Geometrie des Zufalls“ hieß, unter allgemeiner Gleichgültigkeit von Pascal begründet wurde, falsch verstanden wird ? In diesem Artikel geht es darum, das probabilistische Erbe und seine Schwierigkeiten für den vorsorgenden Menschen zu befragen, und insbesondere um die Rolle, die die Wahrscheinlichkeit in diesen Zeiten der Unsicherheit spielt.

Das Konzept des Risikos und seine Entwicklung

Gilles Motet

Das Konzept des Risikos steht im Zentrum der Fragen, der Verfahrensweisen und der Techniken, die sich mit dem Problem der Sicherheit befassen. Der Sinn, der diesem Begriff gegeben wurde, hat sich im Laufe der Zeit geändert und machte es immer wieder notwendig, die zuvor behandelten Fragen, Verfahrensweisen und Techniken der Kritik zu unterziehen. Das Verständnis dieser Entwicklung ist vor allem für die Bewertung des Aspekts, unter dem wir die Sicherheit betrachten, von fundamentaler Bedeutung. Zur Zeit sind viele Meinungsverschiedenheiten zu diesen Fragen, Verfahrensweisen und Techniken auf unterschiedliche Interpretationen des Begriffs „Risiko“ zurückzuführen, den die verschiedenen Akteure jeweils anders einschätzen. Bisweilen werden verschiedene Standpunkte nicht klar unterschieden, so dass unsere Analysen konfus und falsch sind oder zu Schlussfolgerungen führen, die nicht übereinstimmen. Es ist nicht die Absicht dieses Artikels, ein Werturteil über diese Standpunkte zu fällen (jeder tritt für seine eigenen Interessen ein), sondern die Unterschiede zwischen ihnen deutlich zu machen, um über alle klar und eindeutig urteilen zu können und um in der Lage zu sein, ihren Einfluss auf die Behandlung von Fragen der Sicherheit einzuschätzen.

II – Die Unsicherheit : ein allgegenwärtiger Faktor

Was wird aus dem Risikomanagement nach der Erklärung der Verfassungsmäßigkeit des Vorsorgeprinzips ?

Olivier Godard

Am 1. März 2005 verkündete der französische Präsident die Umwelt-Charta, die ein Teil der französischen Verfassung wurde. Ihr Artikel 5 gibt dem Vorsorgeprinzip in folgendem Wortlaut Verfassungsrang : „Wenn ein Schaden, dessen Eintritt nach dem Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse nicht mit Sicherheit vorherzusehen ist, auf schwere und irreversible Weise die Umwelt beeinträchtigen könnte, haben die Behörden in ihren jeweiligen Zuständigkeitsbereichen die Risiken nach dem Vorsorgeprinzip zu evaluieren und angemessene einstweilige Maßnahmen zu ergreifen, um den Eintritt des Schadens zu verhindern.“

So endeten drei Jahre lebhafter Debatten und scharfer Auseinandersetzungen über den anzuerkennenden (oder nicht anzuerkennenden) Status dieses Prinzips der Vorsorge und des Umgangs mit diesen potenziellen, hypothetischen, befürchteten, nicht nachweisbaren aber nicht auszuschließenden Risiken, die, wie man mittlerweile weiß, nicht ohne bisweilen ernste Konsequenzen für Umwelt und öffentliche Gesundheit ignoriert werden können.

Verteidigungsinvestitionen im Kontext der Unsicherheit

Carl Trémoureaux

Da die militärische Ausrüstung einer zyklischen Dauer unterliegt, ist die Unsicherheit ein zentraler Faktor der Verteidigungsinvestition. Wenn hiervon natürlich der technologische Aspekt betroffen ist (das „Wie“), muss die Tatsache, dass es unmöglich ist, alle Systemtypen zu entwickeln, Entscheidungen herbeiführen, die die Frage des „Warum“ hinsichtlich der zu entwickelnden Kapazitäten in den Vordergrund stellen. Nun erklärt das französische Weißbuch zur Verteidigung und zur nationalen Sicherheit : „Der internationale Kontext in seiner Gesamtheit erfordert die Berücksichtigung der strategischen Unsicherheit, damit das Nachdenken und die Politik bezüglich der Verteidigung und der Sicherheit Frankreichs begründet sind [...] Die Kenntnis und die Voraussicht, die eine neue, zur Priorität erhobene strategische Funktion fundieren, konstituieren unseren wichtigsten Grundsatz der Verteidigung, garantieren unsere Entscheidungsautonomie und ermöglichen die Bewahrung unserer strategischen Initiative.“

In diesem Text wird die Frage der Antizipierung der Bedrohungen, die die Sicherheit und die kollektive Autonomie Frankreichs gefährden können, im Zusammenhang mit den Grenzen des Wissens betrachtet, was oft eine Anschauungsweise impliziert, die nach dem Sinn fragt.

Zum Umgang mit chemischen Risiken

Armand Lattes

Die wesentliche Rolle der Chemie ist die Entdeckung und Erfindung neuer Substanzen, die nützlich für die Gesellschaft und grundlegend für die Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschheit sind. Obwohl diese Disziplin unumgänglich ist, wird sie oft als eine mit Risiken verbundene Wissenschaft angesehen, die für viele schädliche Auswirkungen verantwortlich ist. Die Benutzung „chemischer“ Substanzen verpflichtet zu einer Evaluierung dieser Risiken schon zu Beginn der Konzipierung eines neuen Produktes oder schon bei der Einführung einer neuen Anwendung.

Die Begriffe Gefahr und Risiko werden oft unzureichend differenziert. Um zu vereinfachen, können wir sagen :

- ✓ die Gefahr einer Substanz liegt in der negativen Auswirkung, die von ihr ausgehen kann (Explosion, Verschmutzung, ...);
- ✓ das Risiko liegt in der Wahrscheinlichkeit, dieser Gefahr ausgesetzt zu sein.

Arbeit und Unsicherheit

Pierre-Michel Menger

In der klassischen Wirtschaftsanalyse wird die Arbeit im Allgemeinen wie eine negative Größe behandelt, der die restriktive Qualität der negativen Nützlichkeit zukommt, d.h. der individuellen Energieaufwendung als Gegenleistung für ein Gehalt und für Verbrauchsgüter, zu denen dieses Gehalt Zugang gewährt. Es sind die Freizeit- und Verbrauchsgüter, die die Quellen der Zufriedenheit und des individuellen Wohlstands sind, während die Arbeit als negativer Verbrauch anzusehen wäre. Es gibt jedoch eine genau entgegengesetzte Anschauungsweise, die in der Arbeit einen typisch positiven Wert sieht, weil sie Kreativitäts- und Ausdruckspotentiale freisetzt. Dieser positive Wert der Arbeit wird von einer ganzen Analysetradition gewürdigt, in der die außerökonomische Realität der wirklich erfinderischen Tätigkeit betont wird und in der diese als ideale und wünschenswerte Form der Arbeit definiert wird.

III – Welches Verhalten ist angesichts der Unsicherheit richtig ?

Die Unsicherheit im Bereich der Technologie

Sven Ove Hansson

Angesichts der zunehmenden Schnelligkeit der technologischen Entwicklung wird es immer offensichtlicher, dass wir über unsere

Zukunft auf diesem Gebiet sehr wenig wissen. Wir wissen nicht, mit welchen neuen Technologien wir es in der nahen Zukunft zu tun haben werden, und wir wissen auch nicht viel mehr darüber, wie unser Leben und unsere natürliche Umwelt von den technologischen Veränderungen verändert werden.

Es wurde einiges versucht, um diese Unsicherheit einzuschränken ; in den 1960er Jahren wurden insbesondere zwei neue Disziplinen ins Leben gerufen : die technologische Evaluierung und die Risikoanalyse. Beide stoßen jedoch auf beträchtliche Schwierigkeiten. Der vorliegende Artikel soll diese Schwierigkeiten erklären und die Möglichkeiten diskutieren, wie die mit den zukünftigen Technologien verbundenen Unsicherheiten behandelt werden könnten.

Von der hemmenden zur produktiven Seite der Unsicherheit, oder : wie ist mit den potenziellen Risiken der Nano-Objekte umzugehen ?

Brice Laurent

Die Risiken, die von hergestellten Nano-Objekten ausgehen, werden in Verwaltungskreisen eingehend diskutiert. Nano-Objekte lassen sich als atomare Verbindungen definieren, die mindestens eine Dimension im Nanometerbereich haben und die spezifische mit ihrer Größe verbundene Eigenschaften besitzen. Diese Substanzen werden heute in zahlreichen industriellen Verfahren und Produkten benutzt (2) : Kohlenstoff-Nanoröhren, Fullerene, Titanoxid, Nanopartikel aus Silber und Gold sind die wichtigsten Substanzen. Zu den Risiken für die Sicherheit der Beschäftigten kommen aufgrund des Vorhandenseins von Nano-Objekten in zahlreichen gebräuchlichen Konsumgütern die potenziellen Risiken für die Verbraucher sowie die noch unbekanntenen Auswirkungen in der Natur.

Von der Unsicherheit zur Vorsorge : die Rolle der Messtechnik

Jean-Luc Laurent und Benoît Gaumont

Viele Entscheidungen werden auf der Grundlage von Messergebnissen getroffen. Diese Ergebnisse sind mit einer Unsicherheit behaftet. Um die Sachdienlichkeit der Entscheidungen zu sichern, ist es unbedingt nötig, die Unsicherheiten zu berücksichtigen, denn sie bleiben ein ausgezeichnetes Mittel, Messergebnisse intelligent zu interpretieren. Es ist entscheidend, dass jeder Benutzer von Messergebnissen die Zuverlässigkeit und die Qualität der Information, auf die er sich stützen will, einschätzen kann. Die Beherrschung der Unsicherheiten ist neben der Bereitstellung von zuverlässigen und reproduzierbaren Referenzen eins der beiden wichtigsten Themen der Messtechnik. Dies erklärt die Entscheidung für die Themen dieses Artikels. Wir haben uns eine umfassende Untersuchung darüber vorgenommen, wie dank der Messtechnik die Industriellen und die Gesellschaft den Messprozess beherrschen können.

Der Zugang zum Wissen beruht oft auf der Bestimmung einer Zahl, und die Messung, die zu dieser Zahl führt, ist ohne Einheit, Normalmaß und Messinstrument nicht vorstellbar. Dies ist die Existenzberechtigung der Messtechnik, die nicht nur eine besondere Hilfsdisziplin der Physik und der Chemie ist, sondern die Basis unserer täglichen Tätigkeiten. So wie Monsieur Jourdain in Prosa sprach, ohne es zu wissen, benutzen wir alle die Messtechnik, ohne uns dessen wirklich bewusst zu sein.

Risiko und Zukunftsforschung

Thierry Gaudin

Ob die Zukunftsforschung einen „harten“ militärischen Ursprung hat, wie in den Vereinigten Staaten, oder einen „weichen“ zivilen, planenden Ursprung, wie in Frankreich, sie hat die Aufgabe, langfristige Zukunftsaussichten vorzustellen, so dass die Gesellschaft gewisse Risiken antizipieren und sie so weit wie möglich vermeiden oder sich darauf vorbereiten kann, ihre Folgen zu bekämpfen. Die gegenwärtige Lage ist besonders kritisch : sie stellt das alte Konzept der Verteidigung zu Gunsten einer globaleren Konzeption der Sicherheit in Frage.

Koordinierung der Beiträge von Marie-Josèphe Carrieu-Costa

A nuestros lectores de lengua española...

De cara a la incertidumbre

Editorial

Pierre Couveinhes

Prefacio - El hombre en busca de certitudes: entre creencias y conocimientos

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

I – Algunos aspectos teóricos sobre la incertidumbre

Pensar los acontecimientos extremos

Jean-Pierre Dupuy

El tipo de incertidumbre relacionada con acontecimientos extremos, ya sean naturales o morales, exige conceptos completamente nuevos. Convencido que las palabras poseen una sabiduría que no siempre tienen quienes las utilizan, no resisto la tentación de referirme a la controversia que rodea la etimología de esta palabra extraña: «riesgo». Por un lado, hay quienes, junto con Wartburg, la hacen derivar del antiguo italiano *risco*, nacido a su vez del latín *resecum*, «lo que corta». De ahí el sentido de «peñasco escarpado», «peligro» y, finalmente, de «riesgo incurrido por una mercancía transportada por barco»; es decir, el accidente.

Pero por otra parte, también existen aquéllos que, junto con Guiraud, creen que «no existe la más mínima prueba de esta novela náutica» y derivan la palabra del latín *rixare* (pelearse). El riesgo, es lo que emerge del conflicto humano -la riña- cuando, como lo dice Clausewitz en su teoría, llega a los extremos y, como un destino indiferente, lleva a los violentos a su destrucción mutua. Las catástrofes naturales y las catástrofes morales serán cada vez más difíciles de diferenciar. Es un ejemplo típico de una lección apocalíptica.

Elementos de reflexión sobre la incertidumbre en la historia de las ciencias y las ideas

Alexandre Moatti

La incertidumbre ha acompañado siempre los progresos de la ciencia y de la industria: el miedo a lo incierto es la cara oculta de toda creación o innovación. Una actitud alimenta otra: la anticipación, la prevención son desde luego factores de innovación, de imaginación creativa, pero también pueden acarrear repliegues, aseguramientos, precauciones que pueden llegar a paralizar la sociedad. Esta ambivalencia se encuentra frecuentemente cuando se trata de ciencia. Ella se nutre de la ciencia misma, toma sus raíces en ciertas corrientes filosóficas del siglo de las Luces (Rousseau) o de la utopía (Fourier). Actualmente su teoría se basa en reflexiones filosóficas más radicales, como la hipótesis de Gaia de James Lovelock o la *Deep Ecology* del noruego Arne Naess.

Probabilidad e incertidumbre

Dominique Deprins

La probabilidad está en el centro de los debates contemporáneos sobre el manejo de lo incierto y del riesgo. La cuestión del riesgo y su evaluación ha superado ampliamente sus límites originales (jurídicos, médicos, de seguros e industriales) para inmiscuirse poco a poco en todos los ámbitos de la vida, de la esfera pública hasta el nivel más íntimo de la esfera privada. La lógica de precaución, que está presente en todos los debates científicos, tecnológicos y éticos de hoy, se alimenta al fin y al cabo de ilusiones, de la ilusión del «ceros» riesgos y, por ende, de la ilusión del saber absoluto. Por consiguiente, el cálculo de las probabilidades se ha convertido en un ele-

mento central en el manejo de lo incierto, en adelante a la luz del paradigma de precaución y de su principio epónimo.

¿Cuál es esta probabilidad omnipresente en la actualidad? ¿Acaso existe un problema con la probabilidad iniciada en la indiferencia general por Pascal en 1654, cuando el cálculo de las probabilidades se llamaba «geometría del azar»? Este artículo intenta interrogarse sobre la herencia probabilista y sus errores para el hombre precavido, y especialmente sobre el papel que desempeña la probabilidad en estos tiempos de incertidumbre.

El concepto de riesgo y su evolución

Gilles Motet

El concepto de riesgo es un elemento clave en las preguntas, enfoques y técnicas relativas a la seguridad. El sentido dado a este término ha evolucionado con el tiempo, debiendo cuestionar cada vez las preguntas, enfoques o técnicas anteriormente consideradas. La comprensión de esta evolución es fundamental, en particular para apreciar la posición que tomamos para abordar la seguridad. Actualmente, numerosas divergencias de opinión sobre estas preguntas, enfoques o técnicas resultan de las diferencias de interpretación del término «riesgo» realizada por los interlocutores. Incluso se combinan diversos puntos de vista, haciendo que nuestros análisis sean confusos y nuestras conclusiones erróneas o discordantes. El propósito de este artículo no es emitir un juicio de valor acerca de estos puntos de vista (cada uno defiende sus propios intereses), sino por el contrario ponerlos de relieve para tener una percepción clara y explícita de cada uno de ellos, y ser capaz de apreciar su incidencia sobre el modo de abordar las preguntas relativas a la seguridad.

II – La incertidumbre: un factor omnipresente

¿Qué ha pasado con la gestión de los riesgos tras la constitucionalización del principio de precaución?

Olivier Godard

El 1 de marzo de 2005, el presidente francés promulgaba la Carta del medio ambiente la cual debía adosarse a la Constitución. Su artículo 5 da un valor constitucional al principio de precaución en estos términos: «Cuando la realización de un daño, aunque sea incierto en el estado de los conocimientos científicos, pueda afectar de manera grave e irreversible el medio ambiente, las autoridades públicas velarán, mediante la aplicación del principio de precaución y según sus atribuciones, a la puesta en obra de los procedimientos de evaluación de riesgos y a la adopción de medidas provisionales y proporcionadas para paliar el daño ocasionado.»

De esta forma se ponía fin a tres años de debates animados y vivas controversias sobre el estatuto que se debía reconocer, o no, a este principio de prevención y gestión de riesgos potenciales, hipotéticos, sospechados, no establecidos pero tampoco descartados. La experiencia había demostrado que no podían desconocerse sin consecuencias, a veces graves, para el medio ambiente y la salud pública.

La inversión en equipos de defensa frente a la incertidumbre

Carl Trémoureux

Debido a la duración del ciclo de los equipos militares, la incertidumbre es un elemento esencial de la inversión en equipos de defensa. Si bien la incertidumbre concierne el campo tecnológico (el «cómo»), la imposibilidad de desarrollar todo tipo de sistemas obliga a tomar decisiones que ponen en primer plano la pregunta del «por qué» de las capacidades que se deben poner en obra. Ahora bien, como explica el libro blanco de defensa y seguridad francés, «el

contexto internacional obliga a tomar en cuenta la incertidumbre estratégica como fundamento del pensamiento y de las políticas de defensa y seguridad de Francia [.] Creando una nueva función estratégica prioritaria, el conocimiento y la anticipación constituyen nuestra primera línea de defensa, garantizan nuestra autonomía de decisión y permiten conservar la iniciativa estratégica.»

En este texto, la pregunta de la anticipación de las amenazas que pueden afectar nuestra seguridad y nuestra autonomía colectiva se analizará a la perspectiva de los límites del saber, implicando a menudo un enfoque de los problemas a través de su sentido.

Los riesgos químicos y su gestión

Armand Lattes

El objetivo esencial de la química es el descubrimiento y la invención de nuevas sustancias útiles para la sociedad y fundamentales para mejorar las condiciones de vida de la humanidad. A pesar de su carácter ineludible, esta disciplina es considerada como una ciencia de riesgo(s), responsable de numerosos perjuicios. La utilización de sustancias «químicas» obliga a una evaluación de estos riesgos desde el inicio del diseño de un nuevo producto o desde la puesta en marcha de una nueva aplicación.

Las nociones de peligro y de riesgo a menudo no se diferencian correctamente. Para simplificar, podemos decir que:

- ✓ el peligro de una sustancia es el efecto negativo que ésta puede producir (explosión, contaminación, etc.);
- ✓ el riesgo es la probabilidad de verse expuesto a este peligro.

Cómo actuar frente a la incertidumbre

Pierre-Michel Mengier

Por regla general el trabajo es tratado como un valor negativo en el análisis económico clásico. En éste se le atribuye la calidad restrictiva de utilidad negativa; es decir, de gasto de energía individual a cambio de un salario y de bienes de consumo a los cuales este salario da acceso. Al considerar el tiempo libre y los bienes de consumo como fuentes de satisfacción y bienestar individual, el trabajo aparece como un consumo negativo. Por otra parte, existe también una visión estrictamente opuesta que considera el trabajo como un valor positivo, que emplea los recursos de creatividad y de expresión de cada quien. Este valor positivo del trabajo es empleado por toda una tradición de análisis que insiste en la realidad extra-económica de la actividad auténticamente inventiva y que hace de ésta la forma idealmente deseable del trabajo.

III – ¿Qué actitud tomar frente a la incertidumbre?

La incertidumbre en materias tecnológicas

Sven Ove Hansson

Debido al ritmo creciente del desarrollo tecnológico, cada vez es más claro que conocemos poco sobre nuestro porvenir en la materia. No sabemos qué nuevas tecnologías encontraremos en el futuro cercano y no sabemos tampoco cómo los cambios tecnológicos afectarán nuestras vidas, nuestras sociedades y nuestro entorno natural.

Diversas tentativas se han realizado para reducir esta incertidumbre; en particular, se han creado dos nuevas disciplinas en los años 1960: la evaluación tecnológica y el análisis de los riesgos. Sin embargo,

ambas encuentran dificultades considerables. El objetivo de este artículo es explicar estas dificultades y, a pesar de ellas, discutir el modo en el que se podrían tratar las incertidumbres de las tecnologías futuras.

De la incertidumbre obstáculo a la incertidumbre productiva o cómo tratar los riesgos potenciales de los nano-objetos

Brice Laurent

Los riesgos inherentes a los nano-objetos fabricados son el objeto de numerosos interrogantes en las esferas administrativas. Los nano-objetos pueden definirse como los conjuntos atómicos de los cuales al menos una de las dimensiones es del orden del nanómetro y que toman su propiedad específica de su tamaño. Estas sustancias se utilizan actualmente en numerosos procedimientos y productos industriales (2): los nanotubos de carbono, los fullerenos, el dióxido de titanio, las nanopartículas de plata y de oro son las principales sustancias empleadas. A los riesgos relacionados con la seguridad de los empleados se suman, debido a la presencia de nano-objetos en numerosos productos de consumo corriente, los riesgos potenciales para los consumidores, y los impactos aún inciertos para los entornos naturales.

De la incertidumbre a la precaución: el papel de la metrología

Jean-Luc Laurent y Benoît Gaumont

Muchas decisiones se toman a partir de los resultados de medidas. Estos resultados implican una incertidumbre. Para validar la pertinencia de las decisiones es indispensable dominar las incertidumbres que siguen siendo un excelente medio para llegar a una interpretación inteligente de los resultados de medidas. Es esencial que todo usuario de estos resultados tenga una apreciación de la fiabilidad y de la calidad de la información que utiliza. El manejo de las incertidumbres es uno de los dos problemas esenciales de la metrología, junto con la puesta a disposición de referencias fiables y estables. Esto explica la elección de los temas tratados en este artículo. Hemos decidido tomar un enfoque amplio de la forma en que la ciencia de la medida, la metrología, permite a un empresario o a la sociedad dominar el proceso de medición.

El acceso a un conocimiento pasa a menudo por la determinación de un número y la medida que suministra este número no se puede concebir sin una unidad, patrón e instrumento de medida. Esta es la razón de ser de la metrología que no es sólo una disciplina particular de las ciencias físicas y químicas, sino la base de nuestras actividades diarias. Todos utilizamos la metrología sin ser conscientes de ello.

Riesgo y prospectiva

Thierry Gaudin

Ya sea que la prospectiva tenga un origen militar «fuerte», como en los Estados Unidos o, por el contrario, un origen civil planificador y un poco «suave», como en Francia, su papel es presentar imágenes del futuro a largo plazo, de modo que la sociedad pueda anticipar ciertos riesgos y en la medida de lo posible, evitarlos o prepararse a enfrentar sus consecuencias. La situación actual es particularmente crítica: volvemos a poner en tela de juicio el concepto antiguo de defensa en beneficio de una concepción más global de la seguridad.

El número fue coordinado por Marie-Josèphe Carrieu-Costa.

Publié par
**ANNALES
 DES
 MINES**
 Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les *Annales des Mines* éditent trois séries complémentaires :

**Responsabilité & Environnement,
 Réalités Industrielles,
 Gérer & Comprendre.**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

L'INDUSTRIE
 AU
 CONCRET

**ABONNEZ-VOUS
 AUX
 ANNALES DES MINES**

RESPONSABILITÉ

& ENVIRONNEMENT

et

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

et

GÉRER & COMPRENDRE

**DEMANDE DE
 SPÉCIMEN**

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner accompagné de votre règlement
aux Editions ESKA <http://www.eska.fr>
12, rue du Quatre-Septembre - 75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Je m'abonne pour 2010, aux Annales des Mines

Responsabilité & Environnement

4 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 83 €	<input type="checkbox"/> 101 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 108 €	<input type="checkbox"/> 130 €

Responsabilité & Environnement + Réalités industrielles

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 158 €	<input type="checkbox"/> 190 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 198 €	<input type="checkbox"/> 257 €

Responsabilité & Environnement + Réalités industrielles + Gérer & Comprendre

12 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 202 €	<input type="checkbox"/> 255 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 299 €	<input type="checkbox"/> 357 €

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

.....

Je joins : un chèque bancaire
à l'ordre des Editions ESKA
 un virement postal aux Editions ESKA,
CCP PARIS 1667-494-Z
 je souhaite recevoir une facture

DEMANDE DE SPÉCIMEN

A retourner à la rédaction des Annales des Mines
120, rue de Bercy - Télédod 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68 - Fax : 01 53 18 52 72

Je désire recevoir, dans la limite des stocks
disponibles, un numéro spécimen :

de la série **Responsabilité & Environnement**
 de la série **Réalités industrielles**
 de la série **Gérer & Comprendre**

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

.....

Publié par
**ANNALES
DES
MINES**
Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Responsabilité & Environnement,
Réalités Industrielles,
Gérer & Comprendre.**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

L'INDUSTRIE
AU
CONCRET